



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Hanna Annika Paakki

TIETOMALLINTAMISEN
HYÖDYNTÄMINEN
RAKENNUSLIIKKEESSÄ

Tekniikka ja liikenne
2010

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Peab Oy:n Oulun aluetoimistolle. Haluan kiittää kaikkia projektissa mukana olleita, jotka mahdollistivat opinnäytetyöni valmistumisen. Haluan kiittää ohjaajaani, yliopettaja Marja Naaranojaa selkeistä ohjeista sekä hyvästä ohjauksesta. Suuri kiitos kuuluu myös Peab Oy:n Erkki Korteniemelle sekä Matti Niiraselle, että sain tehdä opinnäytetyöni mielenkiintoisesta aiheesta.

Kiitos tytöt, te teitte opiskelujasta erityisen!

Vaasassa 12.5.2010

Annika Paakki

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Annika Paakki
Opinnäytetyön nimi	Tietomallintamisen hyödyntäminen rakennusliikkeessä
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	63+3 liitettä
Ohjaaja	Marja Naaranoja

Tämä opinnäytetyö tehtiin Peab Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, mitä hyötyjä tietomallinnuksesta on rakennusliikkeelle, mitä tietomallintaminen edellyttää ja mitä haasteita siinä on. Työssä tarkasteltiin esimerkkikohteen avulla tietomallintamisen vaikutuksia rakennusprosessiin. Esimerkkikohteenä toimi Terväväylän koulu, joka oli Peab Oy:n pilottikohde tietomallintamisessa Pohjois-Suomen alueella.

Tietomallintaminen tarkoittaa kokonaisvaltaista ja integroivaa tapaa hallita rakennuksen tietoja digitaalisessa muodossa. Tietomalliin tallennetuista tiedoista saadaan poimittua tietoja mallinnetun kohteen eri osista, mm. tiloista, rakenteista ja materiaaliominaisuuksista. Tietomallista hyödytään aina suunnittelusta rakennuksen koko elinkaaren loppuun asti. Tietomallintamisen avulla saavutetaan kustannussäästöjä esimerkiksi määrälaskennan nopeutuessa sekä lisä- ja muutostöiden vähentyessä, kun tehtäväsuunnittelu helpottuu 3D-tarkastelujen myötä. Haasteita tietomallintamiseen tuovat ohjelmistojen käytön haasteellisuus, ohjelmistojen yhteensopivuusongelmat sekä tiedonsiirron vaikeudet.

Opinnäytetyön tutkimus toteutettiin perehtymällä saatavilla olevaan materiaaliin sekä haastatteleamalla suunnittelijoita ja tuotannonhenkilöstöä. Haastatteluista saatiin tuoretta tietoa suoraan käyttäjiltä. Haastattelujen avulla pystyttiin vertailemaan esimerkkikohteen rakentamista seuraavista näkökulmista: kohde mallinnettu ja kohdetta ei mallinnettu.

Tietomallin hyödyt rakennushankkeessa tulevat esille, vaikka tietomallia käytettäisiin hankkeen aikana vain osittain. Esimerkkikohteessa kustannussäästöjä saatiin, kun tehtäväsuunnittelu helpottui 3D-tarkastelujen myötä ja siten myös lisä- ja muutostöitä oli vähemmän. Jotta rakennusliike hyötyy tietomallintamisesta jatkossa vielä enemmän, täytyy henkilöstöä kouluttaa säännöllisin väliajoin tietojen ja taitojen ylläpitämiseksi.

Asiasanat Tietomallintaminen, pilottikohde

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Rakennustekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Annika Paakki
Title	Exploitation of Building Information Modeling for a Construction Company
Year	2010
Language	Finnish
Pages	63+3 Appendices
Name of Supervisor	Marja Naaranoja

The thesis was made for Peab Oy. The purpose of the thesis was to study what kind of benefits Building Information Modeling (BIM) offers for a construction firm, what it requires and what kind of challenges BIM includes. In this thesis BIM's effects to the Building project were studied by a pilot project. The pilot project was about Tervaväylä School, which is school for children with special needs. Tervaväylä School was Peab's pilot BIM case in Northern Finland.

Building Information Modeling is a comprehensive and integrating way to control all the information about the building. From the information saved to the information model, different pieces of data can be extracted from different parts of the model, for example from different places, structures and material attributes. BIM offers benefits all the way from the start of the design process to the use of the building. With the help of BIM a firm can reach cost savings because of faster quantity surveying and a decrease in ancillary and alteration work thanks to easier task planning with 3D-review. BIM's challenges are basically difficulties in usage, the relative compatibility of the software and difficulties in data transmission.

Studies in this thesis were executed by getting acquainted with the available material and interviewing designers and production employees. Interviews were an enabling way of comparing building processes from two main viewpoints, namely building modeled and building not modeled.

Benefits of the Information Modeling become clear although BIM was used just partly during the project. Cost savings were gained as there was less ancillary and alteration work than usually. In order for a construction firm to benefit from BIM, employees must be regularly educated for the end users maintain their knowhow updated.

Keywords Building Information Modeling (BIM), Pilot project, 3D-review

KÄSITTEET

2D	Two Dimensional. 2D-tiedolla tarkoitetaan CAD-järjestelmillä käsiteltäviä piirustuksia, jotka koostuvat esimerkiksi viivoista, kaarista, mitoista ja teksteistä. /8/
3D	Three Dimensional eli kolmiulotteisuus. /8/
4D	3D+ aika, eli ajan linkittäminen 3D-mallin rakennusosa- ja tilaoloihin. /8/
BIM	Building Information Model. Englanninkielinen termi rakennuksen tietomallille. /8/
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu. /8/
IAI	International Alliance for Interoperability on kansainvälinen yhteensopivuutta tukeva yhteenliittymä, joka vastaa IFC-standardin kehittämisestä ja julkaisusta. /8/
IFC	Industry Foundation Classes on kansainvälinen tiedon siirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon eri tietojärjestelmien välillä. /8/
Olio	Oliolla tarkoitetaan tiettyä asiaa kuvaavien tietojen koostetta, joita tietojärjestelmässä käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Synonyymi sanalle objekti. /8/
Tietomalli	Tietomalli (aiemmin yleisesti käytetty tuotemalli) on rakennuksen sekä rakennusprosessin elinkaaren aikaisien tietojen kokonaisuus. Tietomalli kuvaa rakennuksen tuotetiedot tietomallinmukaisesti jäsennettynä. /8/
Tuotetieto	Tuotetieto on tuotetta ja siihen liittyviä asioita kuvaava tieto, joka on tietokonesovelluksilla tulkittavassa muodossa. Tietokonesovellus pystyy tulkitsemaan tuotetie-

dosta esimerkiksi rakennusosan 3-ulotteisen muodon, sijainnin, materiaali- ja muut ominaisuudet sekä rakennusosan liittymisen muihin rakennusosiin. /8/

Tuotetietomalli

Tuotetietomalli on tuotetietojen yksikäsitteinen ja systemaattisella menetelmällä tehty määritelmä, joka kuvaa tuotetietojen tietosisällön. Tuotetietomalli määrittelee, mitä olioita tuotemallissa voi olla. Tuotetietomalli määrittelee myös sen, mitä ominaisuuksia ja relaatioita olioilla on. /8/

Törmäystarkastelu

Törmäystarkastelulla tarkoitetaan osien sopimista niille varattuun tilaan. Törmäystarkastelun avulla nähdään missä kohdin osat ovat sisäkkäin eli törmäävät toisiinsa. Esimerkiksi LVIS-suunnitelmia ja -töitä tehtäessä törmäystarkastelulla on suuri merkitys. /12/

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
KÄSITTEET	5
LIITELUETTELO	9
1 JOHDANTO	10
1.1 Tausta	10
1.2 Tavoitteet	11
1.3 Rajaus	11
1.4 Aineisto ja menetelmä	12
1.5 Opinnäytetyön prosessin kuvaus	12
2 TIETOMALLINTAMINEN	14
2.1 Tietomallintaminen yleisellä tasolla	14
2.1.2 Tietomallintamisen ja 3D- mallintamisen erot	17
2.2 Tietomallintamisen periaatteet	18
2.2.1 Edellytykset	18
2.2.2 Tietomallintamisen vaiheet	19
2.2.3 Mahdollisuudet ja lisäarvo	22
2.3 Tietomallintamisen aiheuttamat muutokset suunnittelu- ja rakentamisprosessissa	24
2.4 IFC-tiedonsiirtostandardi	29
2.5 Mallintamisesta saatavat hyödyt ja niiden maksimointi	32
2.5.1 Suunnittelu	33
2.5.2 Määrälaskenta	34
2.5.3 Aikataulutus	35
2.5.4 Toteutusvaihe ja rakentamisen laatu	36
2.5.5 Työturvallisuus	38
2.5.6 Urakoitsija ja rakennuttaja	39
2.5.7 Viranomaistarkastukset	39
2.5.8 Asiakaspalvelu	40

2.6 Tekla Structures	40
2.7 Mallintamisen esteet ja haasteet	42
2.7.1 Suunnittelu	45
2.7.2 Määrälaskenta	46
2.7.3 Toteutusvaihe	46
3 TERVAVÄYLÄN KOULU	48
3.1 Kohteen esittely	48
3.2 Kohteen valinta.....	49
3.3 Havaitut hyödyt	49
3.4 Työmaahenkilöstön kokemukset	50
3.4.1 Tietomallinnusohjelman käyttö	50
3.4.2 Hyvät kokemukset	51
3.4.3 Huonot kokemukset	51
3.5 Arkkitehdin kokemukset	51
3.6 Vertailu	52
3.6.1 Kohde mallinnettu.....	53
3.6.2 Kohdetta ei mallinnettu.....	53
3.6.3 Kustannukset.....	54
4 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	55
4.1 Tietomallinnuksella saavutettavat hyödyt	55
4.2 Tietomallinnuksessa esiintyvät ongelmat.....	55
4.3 Kehitysehdotukset ja jatkotutkimusaiheet	56
5 KRIITTINEN POHDINTA.....	57
6 YHTEENVETO	59
LÄHDELUETTELO	61

LIITELUETTELO

Liite 1. Suunnittelijoille esitetyt kysymykset

Liite 2. Rakennuttajalle esitetyt kysymykset

Liite 3. Urakoitsijan edustajille esitetyt kysymykset

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Tämä insinööri työ tehtiin Peab Oy:n Oulun yksikölle, jonka toimialaan kuuluu asuintalojen ja asuin kerrostalojen rakentaminen. Peab Ab on perustettu vuonna 1959, talonrakennustoiminta aloitettiin 70-luvulla. Suomeen Peab tuli vuonna 1999 ja 2000-luvulla Peab:n rakennustoiminta on ollut voimakkaassa kasvussa. Peab Seicon Oy syntyi ruotsalaissomisteisen Peab Suomi Oy:n ja suomalaisen Seicon Oy:n yhdistyessä vuonna 2003. Keväällä 2009 tapahtuneen nimenmuutoksen jälkeen n. 15000 rakennusalan ammattilaista Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa työskentelevät nimen Peab alla. /9/

Rakentamisen prosessit sillä tasolla, kuin ne nykyään ovat, ovat muutoksen tarpeessa. Vastuualueet suunnittelussa ja toteutusvaiheessa jakautuvat useisiin osiin sekä useiden eri osapuolten vastuulle. Tiedon määrä sekä tiedontarve eri osialueilta kasvaa, jolloin tiedonhallintaan ja -jakamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tiedonjakamista on helpottanut tietopankkien käyttö, mutta kehitystä niiden toimintaan sekä päivitykseen tarvitaan vielä. Rakennusten, rakenteiden sekä talotekniikan suunnittelussa ollaan tavallisesta CAD-suunnittelusta siirtymässä yhä enemmän 3D-suunnitteluun ja siitä tietomallintamiseen. Tietomallintamista voidaan kutsua myös tuotemallintamiseksi tai englanninkielisellä lyhenneellä BIM (Building Information Model).

Tietomallintaminen on kovaa vauhtia yleistymässä rakennusalalla, sillä siitä saatavat hyödyt puhuvat puolestaan. Esimerkkeinä tietomallintamisesta saatavista hyödyistä ovat tietomallin avulla tehtävät aikaisempaa tarkemmat aikataulut rakennustyölle, törmäystarkastelut, määräluetteloiden tulostaminen tietomallista sekä työvaiheiden tarkempi suunnittelu kolmiulotteisen mallin helpottaessa havainnollistamista. Tietomallintamisessa tavoitteena on luoda rakennuskohteesta eräänlainen prototyyppi, joka on aina ajan tasalla ja helposti käytettävissä. Tietomallintamista on tutkittu Suomessa jo 1980-luvun lopussa. 2000-luvun alussa tietomallintaminen alkoi yleistyä Suomessa pilottihankkeiden muodossa. Tällä het-

kellä rakennusalalla ollaan siirtymässä kohti uusia toimintatapoja, joihin tuotemallintaminen lukeutuu.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tutkia tuotemallintamisen hyödyntämistä rakennusliikkeen näkökulmasta katsottuna. Työssä käsitellään yleisellä tasolla nykypäivän tietomallintamista, siihen kuuluvia käsitteitä, tietomallintamisen vaatimia edellytyksiä, hyötyjä sekä tietomallintamisen aiheuttamia muutoksia suunnittelu- ja rakentamisprosessissa.

Työssä kuvataan tietomallinnuksen hyödyntämistä esimerkkikohteen avulla, jolloin voidaan havainnollistaa mallintamisesta saadut hyödyt rakentamisen eri vaiheissa, kuten aikataulutuksessa, hankinnassa, mallintamisen aiheuttamissa muutoksissa suunnittelu- ja rakentamisprosessissa, tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa sekä tiedonvälityksessä. Työmaahenkilöstön kokemusten avulla selvitetään tietomallin käyttötasoa työmaalla sekä mallintamisen vaikutuksia toteutukseen. Toteutunutta kohdetta ja työn tuloksia verrataan kahdesta näkökulmasta, kohde on mallinnettu ja kohdetta ei ole mallinnettu.

1.3 Rajaus

Työssä on päätetty tarkastella tietomallintamista rakennusyrityksen, päätoteuttajan näkökulmasta uudisrakentamisessa. Pääpaino on toteutusvaiheen tuotannosuunnittelussa ja -valvonnassa, erityisesti aikataulun suunnittelussa ja valvonnassa. Lisäksi työssä käsitellään toteutussuunnitelmien, rakenteiden yksityiskohtien ja detaljien tarkastelumahdollisuuksia sekä määrälaskentaa.

Tuotemallinnusohjelmien osalta on rajattu käsiteltäväksi Tekla Structures -mallinnusohjelmaa, jolla esimerkkikohta on mallinnettu. Lisäksi työssä käsitellään Solibri Model Checker -laadunvarmistusohjelmaa, joka on tarpeellinen lisä tietomallintamisessa sen tarkastusominaisuuksien vuoksi.

1.4 Aineisto ja menetelmä

Insinööriyön aineistona on Internet-julkaisujen lisäksi käytetty mahdollisimman tuoretta rakennusalan kirjallisuutta. Rakennusteollisuus RT ry:n vuonna 2002 aloittaman PRO IT -hankkeen kirjallisuutta on hyödynnetty paljon, sillä se on kattava kotimainen tiedonlähde tietomallintamisen saralta.

Aineistojen kerääminen aloitettiin käymällä läpi kirjastosta löytyneitä aiheeseen liittyviä teoksia. Internetistä löytyneitä kotimaisia sekä ulkomaisia verkkojulkaisuja on hyödynnetty opinnäytetyössä paljon. Tiedonhaussa täytyi olla tarkkana, sillä tietomallintaminen ja teknologia yleensäkin on kehittynyt vuosien aikana huomattavasti, joten vanhojen tietojen mukaiset menetelmät eivät välttämättä päde enää.

Kirjallisuuslähteiden sekä Internet-julkaisujen lisäksi aineistoa kerättiin haastattelujen avulla. Haastattelut toteutettiin puhelimitse, kasvotusten sekä sähköpostin avulla. Haastateltaviksi henkilöiksi valittiin niin kokeneita suunnittelijoita, kuin työmaalla ensimmäistä kertaa mallinnusohjelmaa käyttäneitä työntekijöitä. Haastattelujen ajatuksena oli verrata haastateltavilta henkilöiltä saatuja tietoja siihen, mitä tuotemallintamisesta on kirjallisuuden avulla saatu selville.

1.5 Opinnäytetyön prosessin kuvaus

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin tiedon keräämisellä. Tietomallintamisen ollessa jatkuvassa kehityksessä oleva ala, tuli materiaalia kerätessä kiinnittää huomiota tietojen oikeellisuuteen. Materiaalia löytyi melko runsaasti, pääasiassa Internetistä. Internetin lisäksi aiheeseen liittyvää materiaalia löytyi kirjastosta sekä lehtiartikkeleista. Runsaan materiaalin avulla pystyttiin tekemään vertailua eri lähteiden kesken, mutta mitään suuria ristiriitaisuuksia ei eri lähteiden kesken kuitenkaan esiintynyt.

Kirjallisen materiaalin lisäksi tehtiin empiiristä tutkimusta haastattelemalla eri suunnittelijoita, esimerkkikohteen urakoitsijaa sekä rakennuttajaa. Haastattelukysymysten laadintaan meni kauan aikaa. Kysymyksistä laadittiin kolme eri versiota, jotta eri suunnittelualojen edustajille (Liite 1), rakennuttajalle (Liite 2) sekä urakoitsijan edustajille (Liite 3) oli kaikille sopivat kysymykset. Haastatelluista 3

oli rakennesuunnittelijoita, 1 arkkitehti, 1 rakennuttajan edustaja, 1 LVI-työnjohtaja sekä 2 pääurakoitsijan edustajaa. Suunnittelijoista käytetään työssä nimityksiä suunnittelija 1, suunnittelija 2, suunnittelija 3 ja suunnittelija 4.

Materiaaleihin tutustumisen jälkeen kirjoitustyö aloitettiin teoriaosuudesta. Teoriaosuus on pyritty tuottamaan helposti luettavaan ja ymmärrettävään muotoon. Teoriaosuutta on havainnollistettu erilaisin kuvin ja taulukoin. Mallintamisen hyötyjä ja haasteita tarkasteltaessa käytettiin hyödyksi haastattelujen tuloksia. Haastattelujen tuloksia verrattiin kirjallisuudesta löytyneisiin tietoihin.

Työhön päätettiin ottaa mukaan mallinnettu esimerkkikohte, jotta mallintamisen hyötyjä ja haasteita voitiin tutkia toteutuneiden tapahtumien perusteella. Työssä tarkasteltavaksi esimerkkikohteeksi valikoitui syksyllä 2009 valmistunut Terväväylän koulu. Koulu oli Peab:n pilottikohte tietomallintamisen saralla Pohjois-Suomessa. Kohteesta tehtiin pienimuotoista vertailua siitä, mitä eroja rakentamisessa olisi ollut, jos kohdetta ei olisi mallinnettu. Esimerkkikohteen kustannuksia käsiteltiin pintapuolisesta, jotta saatiin käsitys mallinnuksen myötä aiheutuneista kustannuksista ja säästöistä. Kustannusten laajempi käsittely olisi vaatinut syvällisempää perehtymistä kohteen kustannuksiin, mutta laajempi käsittely päätettiin tässä työssä rajata pois.

2 TIETOMALLINTAMINEN

2.1 Tietomallintaminen yleisellä tasolla

Termi tietomalli (kuva1) tarkoittaa tietokoneelle tallennettua kuvausta tuotteesta. Tietomallintaminen tarkoittaa kokonaisvaltaista ja integroitua tapaa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa, tuloksena saadaan luotettava kuvaus kohteesta. Tietomallin tarkoitus on selkeyttää suunnitelmista saatavaa informaatiota, ja sen avulla rakennushankkeessa tarvittava tieto on paremmin hallittavissa kuin perinteisiä piirustuksia käytettäessä. Tietomalliin tallennetuista tiedoista saadaan poimittua tietoja mallinnetun kohteen eri osista mm. rakennuksen tiloista, rakenteista, materiaaliominaisuuksista sekä määristä ja mitoista. /2/, /15/, /28/



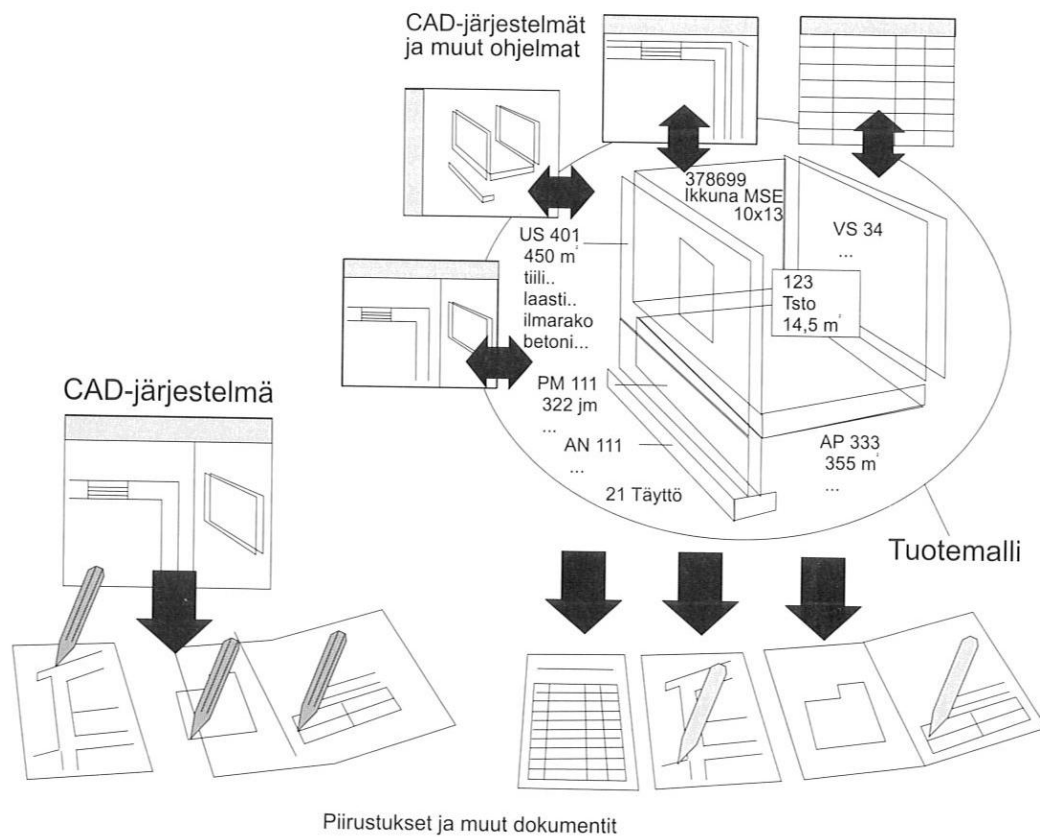
Kuva 1. Tietomalli /19/

Tietomallin avulla voidaan tietoa tallettaa ja siirtää rakennushankkeen osapuolten välillä tehokkaammin, nopeammin ja luotettavammin verrattuna perinteisiin menetelmiin. Tietomallitekniikan avulla on mahdollista korjata ja vähentää perinteisessä rakentamisprosessissa ilmeneviä tiedonsiirron ja hallinnan ongelmia sekä tukea alan kehitystavoitteita, kuten elinkaarivastuullisen rakentamisen toteutumis-

ta. Tietomallintamiseen liittyvät keskeisesti rakennushankkeen eri osapuolten välisen yhteistoiminnan periaatteet: miten tietomalli tehdään, kuka tietomallin tekee, mitä tietoja tietomalliin tulee sisällyttää ja millaiseen tarkoitukseen tietomallin tietoja on tarkoitus käyttää. /2/, /19/, /28/

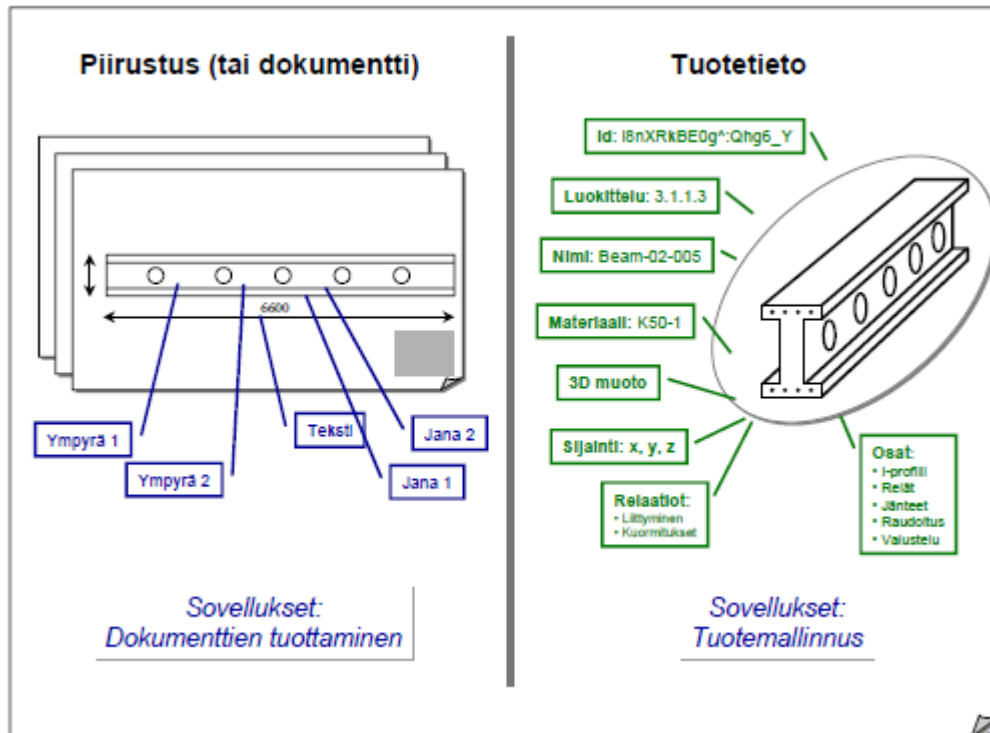
Tietomallintamisen avulla syntyy rakennuksen koko elinkaarta koskeva tietovarasto. Tästä ns. As Built -mallista saadaan tieto, mistä materiaalista ja tuotteista rakennus on tehty. Tietomalli toimii raportoivana huoltokirjastona suunniteltaessa rakennusta koskevia toimenpiteitä käyttö- ja ylläpitovaiheessa. /17/

Tavoitteena tietomallintamishankkeissa on, että tietomallin avulla rakennuksen suunnitteluratkaisuja ja niiden toimivuutta voidaan analysoida. Mallin avulla pystytään suunnittelemaan ja simuloimaan myös rakennuksen toteutusprosessi ennen kuin rakentaminen on aloitettu. Tietomalli on tarpeellinen myös hankkeen dokumenttien, kuten luetteloiden ja piirustusten tuottamisessa (kuva 2). Piirustusten tarve ei tule poistumaan tietomallintamisen myötä, niitä tarvitaan nyt ja myös tulevaisuudessa. /1/, /15/



Kuva 2. Piirustusten ja muiden dokumenttien tuottaminen CAD-järjestelmällä (vas.) ja tietomallin avulla /15/

Rakennusalalla käynnissä oleva menetelmien ja työvälineiden kehitys tarkoittaa, että rakennushankkeen tietoja tullaan käsittelemään sekä tietomallimuodossa eri ohjelmilla, että piirustuksiksi tulostettuna eri tarpeisiin. Osa tietomallipohjaista suunnittelua on piirustusten tuottaminen tietomallista. Tietomallimuotoinen tiedonhallinta tulisikin ymmärtää rinnakkaisena muutoksena, lisänä sekä laajennuksena nykyisiin piirustus- ja dokumenttikeskeisiin tiedonhallintamenetelmiin. Kuvassa 3 on esitetty perinteisten piirustusten ja tietomallin eroja. /1/, /15/



Kuva 3. Piirustusten ja tietomallin ero /13/

Tärkeä lisä tietomallintamisen maailmaan on Solibri Model Checker, jonka pääteemana on tietomallien tarkistaminen ja keskinäinen vertailu. Ohjelman oleellinen ominaisuus on, että useita eri malleja on mahdollista yhdistää ja tarkastaa yhtä aikaa. Esimerkiksi rakennemallia ja arkkitehtimallia voidaan analysoida keskenään kantavien rakenteiden yhtäläisyyden varmistamiseksi. Ohjelma analysoi ja varmistaa tuotemallin laadun ja sääntöjenmukaisuuden sekä paljastaa mallien risiiritäisyydet, ongelmakohdat havainnollistetaan värikoodatuilla nuolilla. Löydetyt ongelmakohdat voidaan tallentaa esitykseksi, joka on helppo käydä läpi esimerkiksi suunnittelijaryhmän kanssa. Ohjelmaan sisältyvä suunnittelualojen ja komponenttien tunnistaminen sekä vakavuusasteen raportointi tekee törmäystarkastelusta älykkään. Ohjelma auttaa tilasuunnitelman tarkastuksessa sekä tuottaa määrälaskennan tiedot laskentajärjestelmille. /26/

2.1.2 Tietomallintamisen ja 3D- mallintamisen erot

Tietomallintaminen samaistetaan usein 3D-mallintamiseen, vaikka ne eivät tarkkaan ottaen ole sama asia. Geometrinen 3D-mallintaminen on rakennuksen muodon, värien ja materiaalien kuvaus- ja esittämistapa, sitä käytetään erilaisissa visu-

alisoinneissa sekä havainnollistamisessa. 3D-mallintaminen auttaa mielikuvan luomisessa ja suunnittelun sekä rakentamisen yhdistämisessä. 3D-malli on vain kolmiulotteinen esitys rakennuksesta. /1/

Tietomallintaminen tulee ymmärtää geometrista 3D-mallintamista laajemmin rakennuksen tietojen mallintamisena ja rakennuksen prototyypinä. Tietomallissa on rakennuksen muodon mallintamisen lisäksi oleellista liittää tietoa rakennuksen osiin esimerkiksi niiden ominaisuuksista, luokitteluista, iästä ja kustannuksista. Tietomalli on runsaasti tietoa sisältävä digitaalinen kuvaus kohteesta, joka luettelee suunnittelun ja rakentamisen fysikaaliset ja toiminnalliset ominaispiirteet. Tietomallissa rakenteet, liitokset, leikkaukset ja lujuuslaskelmat päivittyvät mallin muutosten mukana. /1/, /15/

Tietomalli siis kuvaa rakennusta laajemmin sekä kokonaisvaltaisemmin kuin geometrinen 3D-malli, joka kuvaa ainoastaan rakennuksen muotoa ja ulkonäköä. Tietomallintamisen avulla voidaan myös simuloida rakennustyön toimintatapoja. /1/

2.2 Tietomallintamisen periaatteet

2.2.1 Edellytykset

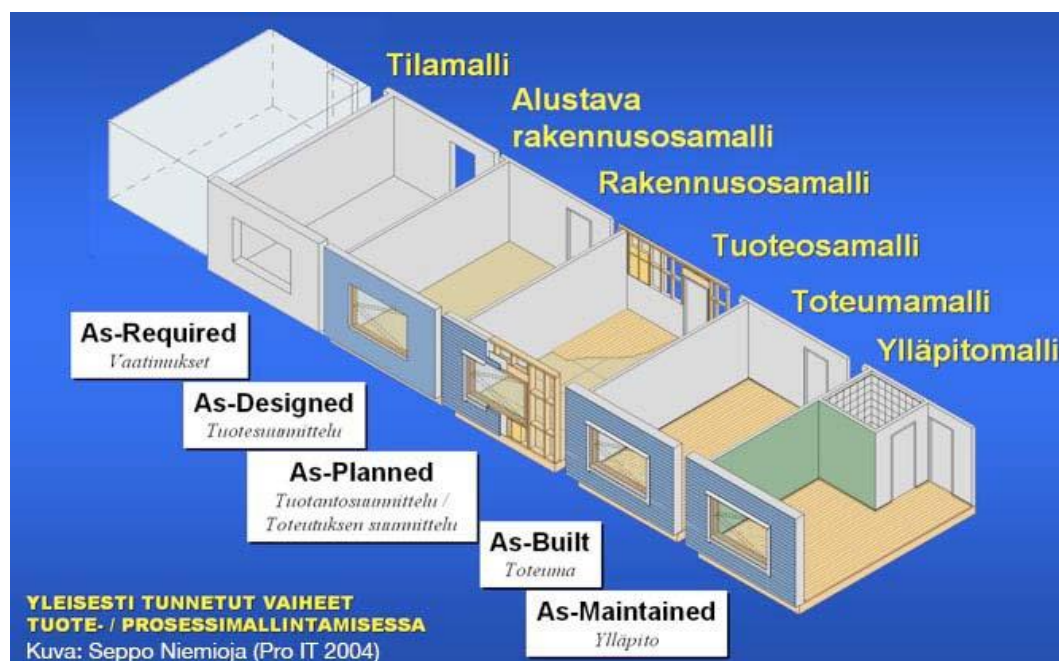
Tietomallipohjaisen toimintatavan ja tietomallipohjaisen suunnittelun laajenemisen ja käyttöönoton leviämisen edellytyksenä on, että tilaajat ja rakennuttajat haluavat ja edellyttävät tietomallipohjaista toimintatapaa. Lisäksi ohjelmistojen tulee tukea tietomallimuotoista tiedonhallintaa ja suunnittelijoiden tulee osata tuottaa tietoa tietomallimuodossa. Tietomallipohjaisen suunnittelun edellytyksenä on, että tietomallintamisen ja siihen liittyvien tietojen hallinnan yksityiskohdista sovitaan ennen hankkeen alkamista. /15/, /17/

Keskeisiä perusedellytyksiä uuden toimintatavan leviämiseksi ovat tietomallintajien (suunnittelijoiden) koulutus, tietotekniikan osaaminen, pätevyys ja riittävä kokemus. Suunnittelijoiden tulee sisäistää uusiutuva roolinsa koko prosessissa. Tämä tarkoittaa muuttuneita vaatimuksia omalle työsuoritukselle ja toisaalta tieto-

mallintavan suunnittelun tarjoamia mahdollisuuksia sekä oman työn että koko hankkeen kannalta. /15/, /17/

2.2.2 Tietomallintamisen vaiheet

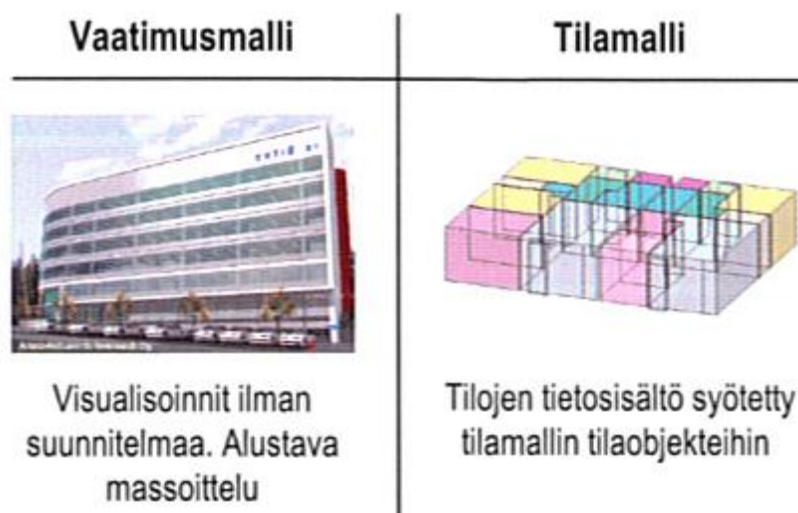
Tietomalliperusteisen suunnittelun vaiheistuksen termit määriteltiin PRO IT -projektissa vuonna 2004. Tietomallinnuksen vaiheet (kuva 4) poikkeavat totutusta suunnittelun vaiheistuksesta, sillä tietomallisuunnittelu ei noudata perinteistä käytäntöä. Tietomallinnuksen vaiheistus ei etene suoraan teoreettisen mallintamisprosessin mukaan, vaan eri vaiheiden tieto kertyy malliin, tiloihin sekä rakennus- ja tuoteosiin rakennusprojektin tarpeiden mukaan. Tietomallin eri vaiheissa syntyvä tieto siirtyy seuraaviin tuotemallin vaiheisiin niiltä osin, kun se on näiden vaiheiden kannalta oleellista. /15/, /17/



Kuva 4. Tietomallintamisen yleiset vaiheet /1/

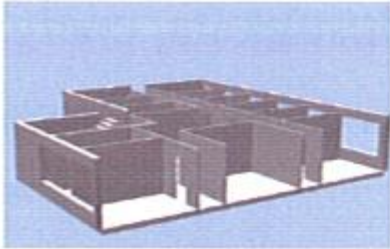
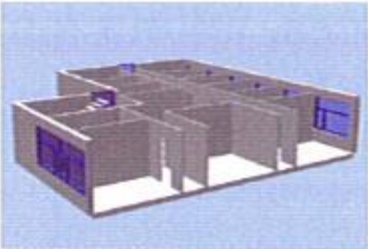
Tietomallintamisen ensimmäisessä vaiheessa arkkitehti tekee vaatimusmallin (kuva 5), jota voi perinteisessä hankevaiheistuksessa verrata tarveselvitykseen. Vaatimusmalli on esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmassa tai muuten digitaalisessa muodossa oleva kuvaus asiakkaan tarpeista, viranomaisvaatimuksista sekä olosuh-

teiden asettamista reunaehdoista. Vaatimusmalli voi olla myös sanallinen selvitys hankevaatimuksista. Vaatimusmalli on karkea luonnos tilamallista. Tilamalli (kuva5), jota voidaan verrata hankesuunnitteluun, kattaa tilavaatimuksia vastaavat tilaratkaisut, eikä välttämättä sisällä seiniä. Tilamallin laatimisen perustana on tilaohjelma tiloihin liittyvine tietoineen, jotka siirtyvät malliin vaatimuksina seuraaville vaiheille. /14/, /17/



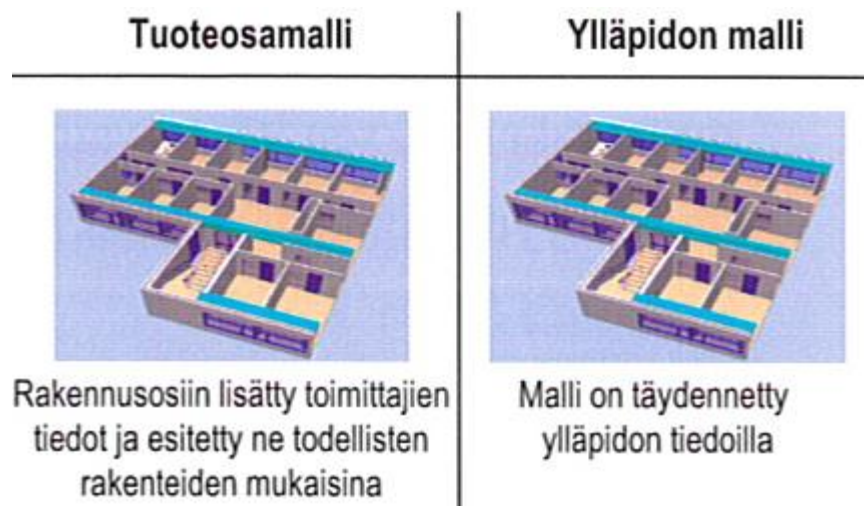
Kuva 5. Vaatimusmalli ja tilamalli /16/

Alustava rakennusosamalli (kuva6), jota voidaan verrata luonnossuunnitteluun, vastaa nykyisen suunnittelukäytännön mukaisia luonnoksia ja sisältää tiloja rajaa- vat rakennusosat. Alustavassa rakennusosamallissa rakennusosille on asetettu vaatimuksia, esimerkiksi paloluokka ja lämmönjohtavuus. Rakennerratkaisua ei tässä vaiheessa ole vielä valittu, ja esitystapa on yleinen. Rakennusosamallissa (kuva 6), jota voidaan verrata toteutussuunnitteluun, rakennusosat on määritelty rakenteille asetettujen vaatimustasojen mukaisesti, toimittajaa ja yksityiskohtaista rakennetta ei ole tiedossa. Rakenteina voidaan käyttää tuotekirjastojen valmiita rakennetyyppejä. /17/

Alustava rakennusosamalli	Rakennusosamalli
 <p data-bbox="316 607 756 734">Rakenteita ei määritelty, lämmöneristys- ym. vaatimukset rakennetyypeissä (US1...)</p>	 <p data-bbox="794 607 1177 734">Rakenteet, ikkunat, ovet ym. määritelty yleisellä tasolla, ei sidottu toimittajiin</p>

Kuva 6. Alustava rakennusosamalli ja rakennusosamalli /16/

Tuoteosamallissa (kuva 7), jota perinteisessä hankesuunnittelussa voidaan verrata rakentamiseen, rakenteina esitetään tuotetoimittajan todellisia rakenteita vastaava tuoteosa tuotetietoineen. Tuoteosamalli on suunnittelijoiden päivittämä rakennusosamalli, jossa rakennuksen kaikkiin rakenteisiin, varusteisiin ja laitteisiin on lisätty toimittajakohtaiset tiedot ja tuoteosa on esitetty todellisen rakenteen mukaisena. Toteutusmallit voivat tuoteosamallin lisäksi sisältää muutakin toteutukseen liittyvää tietoa, kuten aikatauluja ja tehtäväsuunnitelmia. Näitä seuraavia malleja ovat toteutumamalli työmaa- ja asennustietoineen sekä ylläpitomalli (kuva 7) elinkaaren aikaisessa käytössä. Ylläpitomalliin päivitetään mm. tilamuutokset ja lisärakentaminen. /17/



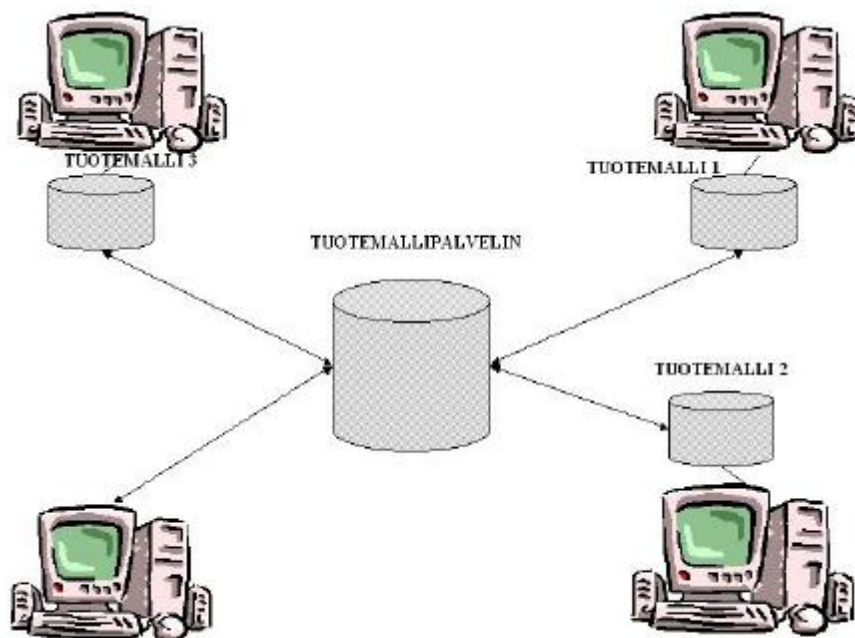
Kuva 7. Tuoteosamalli ja ylläpidon malli /16/

2.2.3 Mahdollisuudet ja lisäarvo

Tietomallintamisen myötä suunnitelmat havainnollistuvat ja tulevat käyttökelpoisemmiksi eri osapuolille. Suunnitelmien esittämistapa muuttuu kolmiulotteisuuden myötä, mutta tämän lisäksi eri vaihtoehtojen kuvaamiseen voidaan käyttää animaatioita sekä virtuaaliympäristöjä. Eri mallinnusohjelmien sopiessa keskenään yhteen tiedon käyttökelpoisuus paranee, kun tietoa voidaan siirtää järjestelmästä toiseen ja hyödyntää eri tarkoituksiin. Suunnitelmien tietosisältö kehittyi, kun viivojen sijaan suunnitelma muodostuu objekteista ja tuoterakenteista. Suunnitelmaan saadaan sisällytettyä paljon tarkkaa tietoa. /28/

Tietomallintamisen myötä työryhmän yhteistyömahdollisuudet paranevat, koska suunnittelijat voivat yhteistyössä tuottaa rakennuksen tuotemallin. Eri suunnittelualojen suunnittelutiedon integroitua yhteiskäyttöiseen tuotemalliin, on suunnittelijoiden helppo seurata muiden suunnittelijoiden työn edistymistä oman työn ohella. Tällä tavalla tiedon etsimiseen ei tarvita ylimääräisiä toimenpiteitä. Suunnitelmien yhteensovittaminen helpottuu ja suunnitelmavirheet vähenevät, sillä tietomallissa yksi tieto syötetään vain yhteen paikkaan, jolloin mallista suoraan tulostetut asiakirjat ovat keskenään ristiriidattomia. Yhteisen palvelimen (kuva 8) kautta tehdyt muutokset päivittyvät kaikkiin suunnitelmadokumentteihin. Yhteinen malli mahdollistaa myös putkien ja muiden rakennusosien sovituksen käytet-

tävissä olevaan tilaan sekä törmäystarkastelut rakenteiden päällekkäisyyksien välttämiseksi. /28/



Kuva 8. Yhteinen tuote-/tietomallipalvelin /14/

Tietomallipohjaisen tiedonhallinnan avulla voidaan ottaa huomioon asennus ja valmistusteknisiä seikkoja. Objektien avulla suunnitelmiin voidaan liittää valmistuksen ja asennuksen kannalta tärkeää tietoa. Lisätty tuoterakenne tai objekti voi edustaa toteutuksen kannalta hyväksi ja ongelmattomaksi koettua ratkaisua tai liitosdetaljia. Suunnitelmien tehokas analysointi ja havainnollisuus voivat helpottaa urakoitsijaa tunnistamaan tuotannon kannalta epäedullisia tai riskejä sisältäviä ratkaisuja. Työmaalla voidaan tietomallin avulla tuottaa kolmiulotteisia havainnollistuskuvia esimerkiksi aliurakoitsijoille. /28/

Tietomallintamisen avulla suunnittelu- ja rakennusprosessin tuottavuus ja työn mielekkyys kohoavat tehokkaiden työskentelyvälineiden ja rutiinista poikkeavan työn lisääntymisen myötä. Tietomallitietokannasta saadaan erilaisia näkymiä ja tulosteita eri tarkoituksiin. Esimerkiksi määrätiedot sekä 2D-piirustukset saadaan 3D-mallista tulostettua nopeasti. Rakentajien työn motivaatiota saadaan kohotet-

tua, sillä havainnollinen kuvaus työntavoitteesta ja hankkeen etenemisestä kohti lopputulosta näyttää jokaisen työntekijän työpanoksen tärkeyden. /28/

Tilaajan näkökulmasta lisäarvoa tuo osallistumismahdollisuuksien paraneminen, jonka myötä myös lopputulos eli käyttöönotettava rakennus vastaa toiveita ja odotuksia. Visualisoinnin lisäksi päätöksenteon yhteydessä voidaan käyttää esimerkiksi elinkaarikustannusanalyysijä. Taloudellista hyötyä on mahdollista saavuttaa suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa kerätyn tiedon hyödyntämisessä käytön ja ylläpidon tarpeisiin. /28/

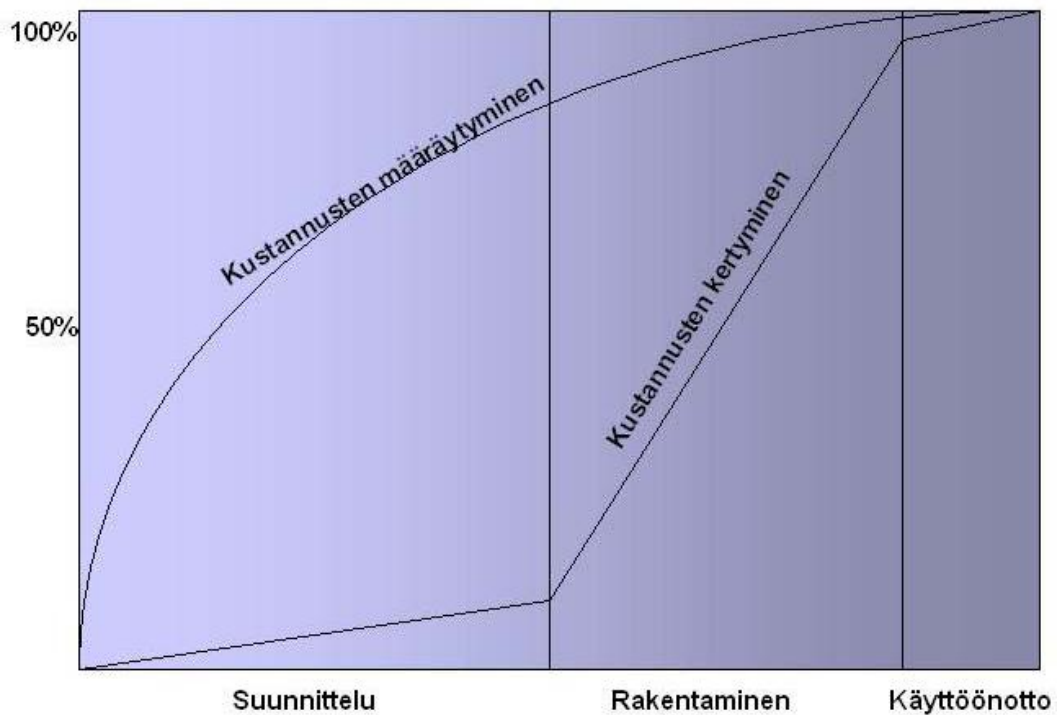
2.3 Tietomallintamisen aiheuttamat muutokset suunnittelu- ja rakentamisprosessissa

Tietomallintamisen myötä suunnitteluprosessi muuttuu, sillä tietomallipohjainen rakentamisprosessi aiheuttaa muutospainetta mm. nykyisten tehtäväluetteloiden uudistamiseen sekä voimassa oleviin sopimuskäytäntöihin. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa (kuva 9) suunnittelun painopiste on siirtynyt luonnossuunnittelun puolelle. Suunnitteluprosessin kestäessä suunnittelun tietosisältö tarkentuu. Tuoteosien tietoa täytyy voida täydentää rakennushankkeen siinä vaiheessa, kun se on rakennusprosessin kulun kannalta järkevää. Jokaisen tiedontuottajan tulee sisäistää sovitun tehtävämäärittelyn mukainen vastuunsa viedä oikea tieto malliin oikeaan aikaan siten, että suunnitteluryhmän tehokkuus optimoituu. /15/



Kuva 9. Tietomallipohjainen suunnittelu /18/

Kustannuksista suurin osa määräytyy rakennushankkeen alkuvaiheessa (kuva 10), sillä alkuvaiheen suunnittelun merkitystä kustannuksiin ei ole huomioitu riittävästi. Tietomallipohjaisessa hankkeessa voidaan suunnittelun alkuvaiheessa luoda toimiva yhteys suunnittelun ja kustannuslaskennan välille, jotta eri suunnittelu- vaihtoehtojen kustannuksia voidaan vertailla keskenään./15/



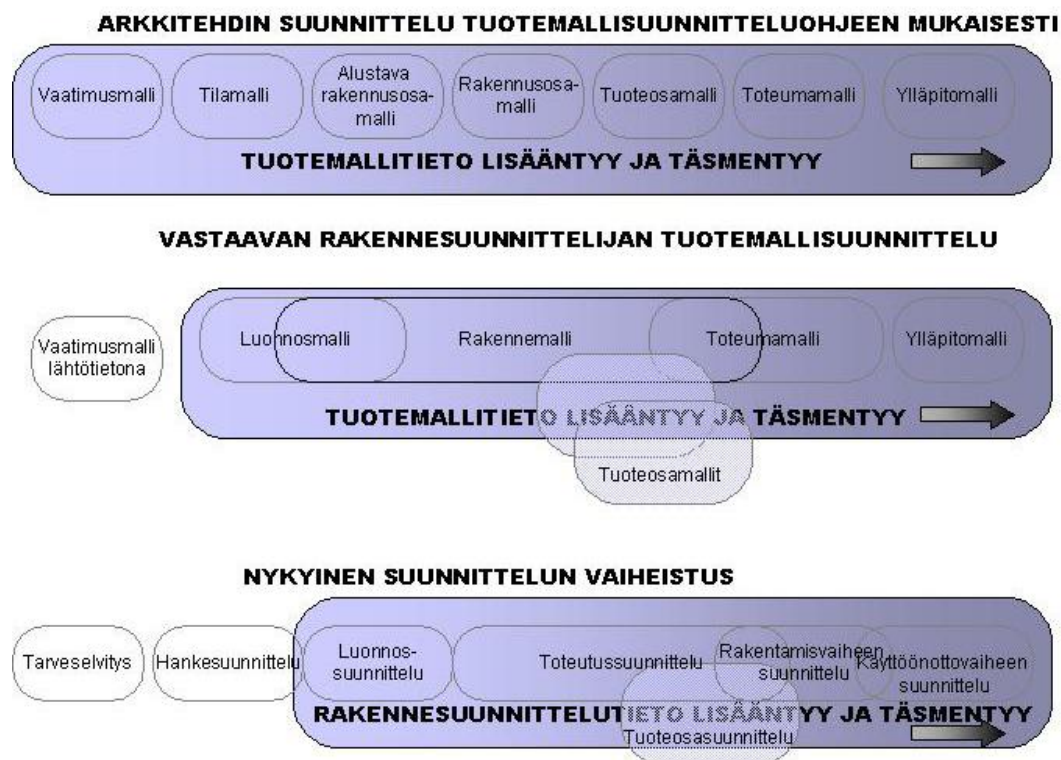
Kuva 10. Kustannusten muodostuminen rakennushankkeessa /14/

Tietomallintamisen myötä työnjako usein muuttuu. Vastaavalle rakennesuunnittelijalle saattaa tulla enemmän aiemmin tuoteosasuunnittelijoille kuuluneita työtehtäviä. Koska nykyinen ohjelmistokehitys tukee kehitystä, jossa kaikki suunnittelu-työ tehdään samalla ohjelmalla ja yhdessä paikassa, vähenee erillisen tuoteosasuunnittelijan työmäärä nykyisestä. Taulukossa 1 on esitetty rakennushankkeen vaiheet perinteisessä muodossa sekä tietomallinnushankkeessa. /15/

Taulukko 1. Rakennushankkeen vaiheet perinteisesti (vasemmalla) ja tietomallihankkeessa (oikealla). /vertaa 15, s.20/

Perinteinen hankevaiheistus	Päätökset	Tietomallinhankkeen vaiheistus	Päätökset
Tarveselvitysvaihe	>Hankepäätös	Hankeohjelmointi, visualisoinnit, massamallit	>Hankepäätös >Investointipäätös
Hankesuunnitteluvaihe	>Investointipäätös	Vaatimusmalli(t) Tilamalli(t)	
Luonnossuunnitteluvaihe		Alustava(t) rakennusosamalli(t) (as required)	>Rakentamispäätös
Toteutussuunnitteluvaihe	>Rakentamispäätös	Rakennusosamalli(t) (as designed)	
Rakennuksen toteutuksen suunnitelmat		Toteutusmalli(t) (as planned)	>rakentamisvaiheen tarjoushinta ja aikataulu
Työmaatyöt			
Rakentamisen suunnitelmien lopullinen toteutuma	>Vastaanottopäätös	Toteutumamalli(t) (as built)	>Vastaanottopäätös
Käyttöönottovaihe	>Takuiden vapauttaminen	Ylläpitomalli(t) (as maintained)	>Takuiden vapauttaminen

Rakennushankkeiden läpiviemi perustuu useimmiten hankevaiheistukseen, jota on kuvassa 11 verrattu tyypilliseen tietomallisuunnittelun tapaukseen. Mallissa kannattaa kiinnittää huomiota tiedon katkeamattomaan lisääntymiseen sekä suunnittelun painopisteen siirtymiseen aikaisemmaksi. Nykyinen hankevaiheistus ei sovelu suoraan nykyaikaisiin projektin toteutusmalleihin ja/eikä tietomallipohjaiseen suunnittelukäytäntöön. /14/



Kuva 11. Esimerkki hankevaiheistuksesta /14/

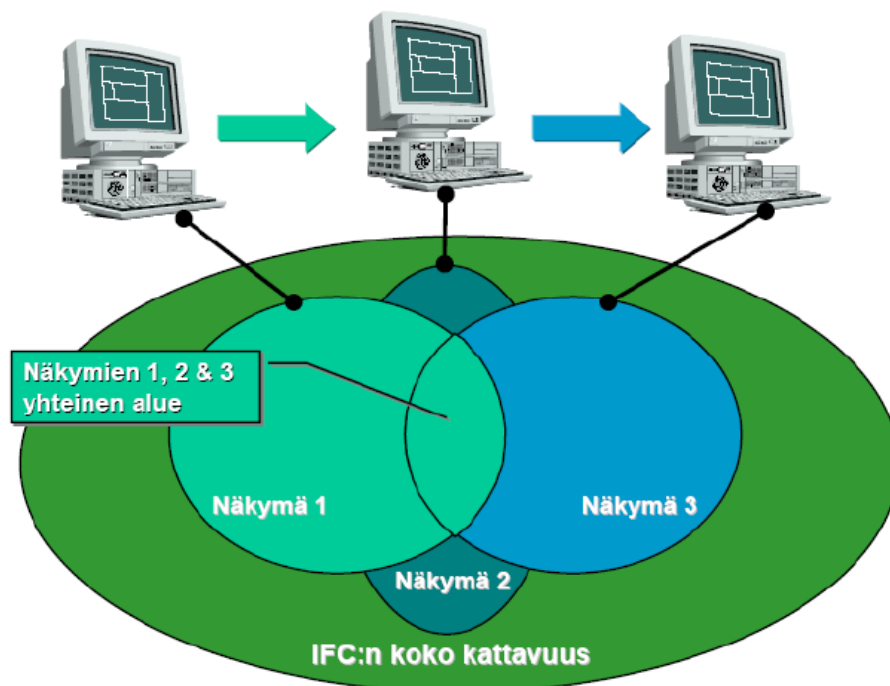
Tietomallintamisen myötä ohjelmistojen tarve muuttuu. Tietomallipohjaisessa tietojen hallinnassa ohjelmien käyttö vaatii enemmän ammattitaitoa kuin perinteinen 2D-piirtäminen CAD-ohjelmistoilla. Kustannuksia suunnittelutoimistolle aiheutuu uuden ohjelmiston hankkimisesta, suunnittelijoiden koulutuksesta, tietomallinnuksen tuomista uusista tehtävistä sekä tietomallinnuksen yhteydessä syntyvistä mahdollisista erilaisten luetteloiden ja listojen laatimisesta. /15/

Projektihallintaan tarvitaan usean suunnittelijan projekteissa yhteistä toimintaa tukeva ja mallin hallinnointia parantava projektinhallintatyökalu. Eri suunnittelualojen toimiminen samassa mallissa edellyttää, että eri suunnittelualat käyttävät samaa ohjelmistoa. Projektinhallintatyökalun käyttömahdollisuuksia on neljä: käyttöoikeuksien jakaminen ja hallinnointi, suunnittelijakohtaisten mallintamisrajojen määrittäminen, suunnitelmien ohjelmalliset tarkistusominaisuudet sekä työn visuaalinen tarkistus. /15/

2.4 IFC-tiedonsiirtostandardi

IFC-standardi on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi, jota käytetään rakentamisen ja kiinteistönpidon eri tietojärjestelmien välillä. IFC pystyy määrittelemään tietokonesovelluksista riippumattoman tavan kolmiulotteisten tuotetietojen siirtämiseen eri sovellusten kesken. Määritysten tekemisessä on käytetty ISO STEP-standardin menetelmiä [ISO 10303-11, 1994] IFC:n on kehittänyt IAI (International Alliance for Interoperability). IAI on kansainvälinen yhteenliittymä, jonka tarkoituksena on yhteisen perustan tarjoaminen rakentamisen ja kiinteistönpidon kehittämiseen, erityisesti tiedon siirtoon sekä tiedon yhteiskäyttöön. IAI:n pääasiallisena tehtävänä on IFC-standardin kehittäminen sekä julkaisu. /2/, /14/, /15/

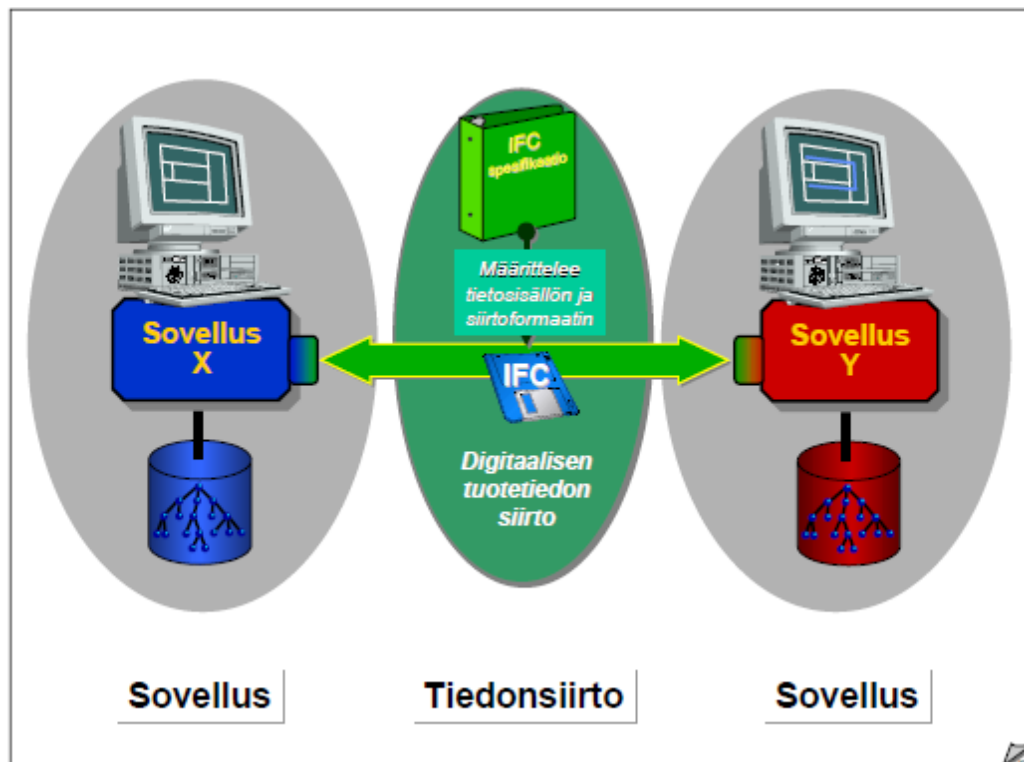
IFC:n kehittämisen tavoitteena on ollut, että tietoa pystytään tallentamaan ja siirtämään ohjelmien välillä ohjelmariippumattomasti. IFC-standardi mahdollistaa tiedonsiirron standardia tukevien ohjelmistojen välillä. Jotta IFC:n hyödyntäminen käytännössä olisi mahdollista, on rakennusalan tietokonesovelluksissa toteutettava IFC:hen perustuvat tiedonsiirron rajapinnat. Tavallisten suunnittelijoiden ei välttämättä tarvitse perehtyä IFC-standardin teknisiin yksityiskohtiin, sillä he näkevät IFC:n oman CAD-sovelluksensa ominaisuutena, jonka avulla tietomallimuotoista tietoa saadaan siirrettyä oikeassa muodossa eri järjestelmien välillä. Kuvassa 12 on esitetty sovellusten kattavuus sekä niiden näkymät. /15/



Kuva 12. Sovellusten kattavuus ja niiden näkymät /13/

IFC-standardi on vielä kehitysvaiheessa, joten sitä ei voida vielä käyttää kaikkiin rakennusprosessin tiedonsiirtotarpeisiin. Piirustusmuotoista tietoa ei voida siirtää lainkaan, sillä standardi on kehitetty tietomallimuotoisen tiedon siirtoon. Tällä hetkellä suunnittelussa ja rakentamisessa tarvitaan myös muita tiedonsiirtotapoja hankkeen osapuolten välisessä toiminnassa. /15/

Pääperiaatteena IFC-tiedonsiirrossa on, että tietoa tuottava tai lähettävä ohjelmasovellus esikäsittelee tiedot ohjelman omasta sisäisestä tiedontallennusmuodosta IFC-muotoon, ja vastaanottava sovellus käsittelee tiedot vastaavasti IFC-muodosta omaan sisäiseen muotoonsa (kuva 13). Periaatteena on siis yhteisesti sovittu, sovelluksista riippumaton tiedonmäärittely ja sitä vastaava tiedonsiirron formaatti, jonka perusteella eri osapuolet ja toimijat pystyvät kehittämään yhteensopivia sovelluksia. /2/, /15/



Kuva 13. Tiedonsiirron käytötapaus /13/

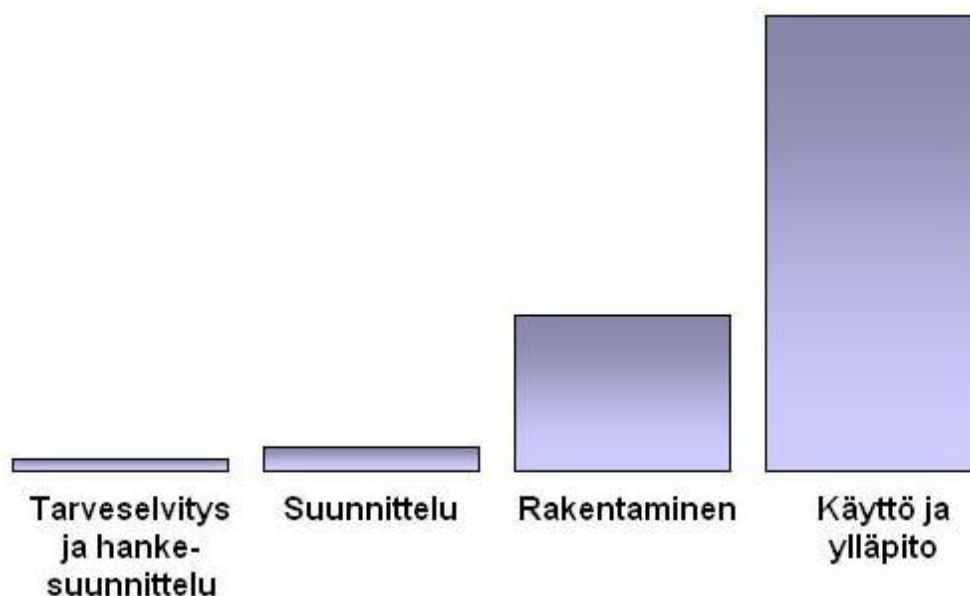
IFC-standardia käytettäessä rakennusobjektit (oliot) säilyttävät älykkyytensä, toisin kuin perinteisessä CAD-tiedonsiirrossa, jossa rakennusobjektien tiedonsisältö menetetään siirron yhteydessä. Standardin tavoitteena on tarjota kattava kuvaus rakentamisen ja kiinteistönpidon mallimuotoisista kolmiulotteisista tuotetiedoista rakennuksen koko elinkaaren ajaksi. /2/, /15/, /24/

IFC-tiedonsiirron käyttöönotto on aloitettu ottamalla IFC käyttöön pilotti hankkeissa. Pilotti hankkeissa on pyritty standardimuotoisen tiedon siirtoon järjestelmästä toiseen, sekä suoraan hyödyntämiseen eri sovelluksissa. Joissain tapauksissa eri osapuolten ohjelmistojen välisessä tiedonsiirrossa on ilmennyt ongelmia, jonka vuoksi standardimuotoiseen tiedonsiirtoon ei ole voitu täysin tukeutua. IFC:n eri versiot eivät ole keskenään yhteensopivia, jonka seurauksena IFC:n eri versioita tukevat sovellukset eivät ole keskenään yhteensopivia. Jotta IFC:n laatua saataisiin parannettua, tulisi piloteista kerätä järjestelmällisesti tietoa IFC-toteutusten toimivuudesta ja ongelmista. Tietojen kerääminen mahdollistaa rakentavan palautteen antamisen ohjelmistokehittäjille. /13/,/15/

2.5 Mallintamisesta saatavat hyödyt ja niiden maksimointi

Tietomallin sisältämää tietoa voidaan hyödyntää hankkeen kaikissa vaiheissa ja kaikkien osapuolten kesken: suunnittelussa, rakentamisessa ja rakennuksen käytössä sekä ylläpidossa. Tietomallipohjainen tiedonhallinta parantaa asiakaspalvelua, sillä se tuottaa hyödyllistä tietoa päätöksenteon tueksi visualisoimalla ja vertailemalla vaihtoehtoja toiminnallisesti sekä kustannuksiltaan. /15/, /17/

Tietomallintaminen parantaa rakentamisen laatua ja tuottavuutta, kun tietomallista saadaan entistä käyttökelpoisempaa tietoa hyödynnettäväksi tuotannosuunnittelussa, kustannus- ja aikatauluhallinnassa sekä rakennustuotteiden valmistuksessa ja hankinnassa. Tietomallintaminen edistää elinkaaren hallintaa, sillä siitä saadaan koko rakennuksen elinkaarta käsittelevää tietoa, jonka avulla elinkaarikustannukset ja niiden muodostuminen (kuva 14) sekä ympäristövaikutukset voidaan ottaa huomioon suunnittelussa. Tietoa rakennuksen elinkaarikustannuksista ja ympäristövaikutuksista voidaan monin tavoin käyttää hyväksi myös rakennuksen käytössä ja ylläpidossa. /17/



Kuva 14. Rakennuksen elinkaarikustannusten muodostuminen /14/

Elinkaarikustannusvertailun avulla voidaan yksittäisten ratkaisuvaihtoehtojen valinnan tueksi saada tietoa koko elinkaaren kustannusvaikutuksista. Elinkaarikustannusvertailussa (LCC) yleensä tarkastellaan jotakin järjestelmästä rajattua osaa, tärkeintä on vaihtoehtojen kustannusten selvittäminen. Investointikustannukset on syytä laskea yksikkökustannus- tai pakettilaskennan avulla, määrätietoja hyödyntämällä, ainakin eroja aiheuttavien järjestelmien osalta. Elinkaarikustannusvertailut kohdistuvat usein myös muiden suunnittelualojen ratkaisuvaihtoehtojen elinkaarivaikutusten selvittämiseen, vertailu on tällöin tiimityötä. /22/

Tärkeimpiä tehtäviä ympäristötietoisessa suunnittelussa ovat energiankulutukseen, raaka-aineiden kulutukseen ja päästöihin sekä rakennuksen osien toimivuuteen ja kestävyysliittymään liittyvät analysoinnit, jotka ovat apuna päätöksenteossa. Kiinteistön ympäristövaikutuksista on mahdollista tuotemallin avulla tuottaa selkeässä ja havainnollisessa muodossa olevaa tietoa suunnittelun ja ylläpidon eri vaiheissa. Ympäristötarkastelulaskelma voi sisältää rakenteiden, teknisten järjestelmien ja käytön aikaisia ympäristövaikutuksia. Usein ympäristövaikutustarkastelun (LCA) laajuudeksi valitaan ainoastaan energiankulutuksen ympäristövaikutukset, jolloin tehtävän suurin työ on energiankulutuksen simulointi. Tietomallista saatuja määrätietoja voidaan hyödyntää rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien ympäristövaikutusten laskennassa, jonka vuoksi laskenta on perinteisesti käytettyjä kg/m^2 -arvoja tarkempi. /22/

2.5.1 Suunnittelu

Tietomallipohjaisissa hankkeissa suunnittelu tulee ymmärtää kokonaisvaltaisemmin tuotteistamisena kuin perinteisissä hankkeissa. Tietomallinnushankkeissa etupainotteinen suunnittelu parantaa suunnitelmien laatua. Tietomallintaminen tehostaa ja nopeuttaa suunnittelua tuottamalla täsmällisempää tietoa, vähentämällä suunnitteluvirheitä, parantamalla suunnitelmien yhteensopivuutta ja edistämällä suunnittelijoiden välistä yhteistyötä. /15/, /31/

Tietomallipohjainen suunnittelu parantaa suunnitelmien havainnollisuutta ja ymmärrettävyyttä monimutkaisten sekä teknisesti vaativien rakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Tietomallintamisen myötä esimerkiksi vastaavalla rakenne-

suunnittelijalla on paremmat edellytykset laatia koko rakennuksen rakenteista staattinen malli kaikkine oleellisine rakennusosineen, liitoksineen ja kuormineen. Tietomallinnuksen yhteydessä voidaan puhua nolla virhe -tavoitteesta, jolloin työmaan toteutukseen ei päädy suunnitteluvirheitä. /14/, /15/, /17/

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa pääosa piirustuksista voidaan tuottaa suoraan mallista. Piirustusten lisäksi suunnittelutyön tuloksena saadaan raportteja, tarvikeluetteloita ja valmistustietoa. Suunnitelmat on mahdollista tarkistaa koneellisesti ja muutoksia on helppo hallita. Suunnittelun aikataulua saadaan tiivistettyä, kun arkkitehtisuunnittelun eri vaiheet lomittuvat ja työpiirustusvaihe lyhenee uusien työmenetelmien ja mallinnusosaamisen myötä. /11/ ”Kuvien tekeminen on huomattavasti sujuvampaa ja nopeampaa kuin perinteisillä cad-ohjelmilla”, sanoo suunnittelija 1.

Tuotteistamisessa suunnitteluun kuuluu hyväksi havaittujen tuotteiden, yksityiskohtien sekä suunnitteluratkaisujen liittäminen rakennushankkeeseen. Tietomallintamisen avulla voidaan tuleva tilanne simuloida, laskea kustannuksia, arvioida kohteen toimivuutta, visualisoida ja tehdä vaihtoehtoisratkaisuja sekä laskea rakennus- ja elinkaarikustannuksia ennen lopullisen rakentamispäätöksen tekemistä. Suunnittelutyö nopeutuu, sillä manuaalinen työ vähentyy. /8/, /15/, /22/

Suunnittelija 3:n mielestä mallintamisesta saatuihin hyötyihin lukeutuu mahdollisuus tarkastella näkymiä kolmiulotteisesti helpottaa arkkitehtisuunnittelua. Mallintamisen ansioista suunnitteluvirheet vähenevät, erityisen huomion saa suunnittelualan sisäisten ristiriitojen vähentyminen. Suunnittelija 3:n mukaan mallin päivittämien on helpompaa kuin useiden eri asiakirjojen ajan tasalla pitäminen. Lisäksi peruskuvien ja luetteloiden tuottaminen on melko sujuvaa, kun kohde on oikein mallinnettu.

2.5.2 Määrälaskenta

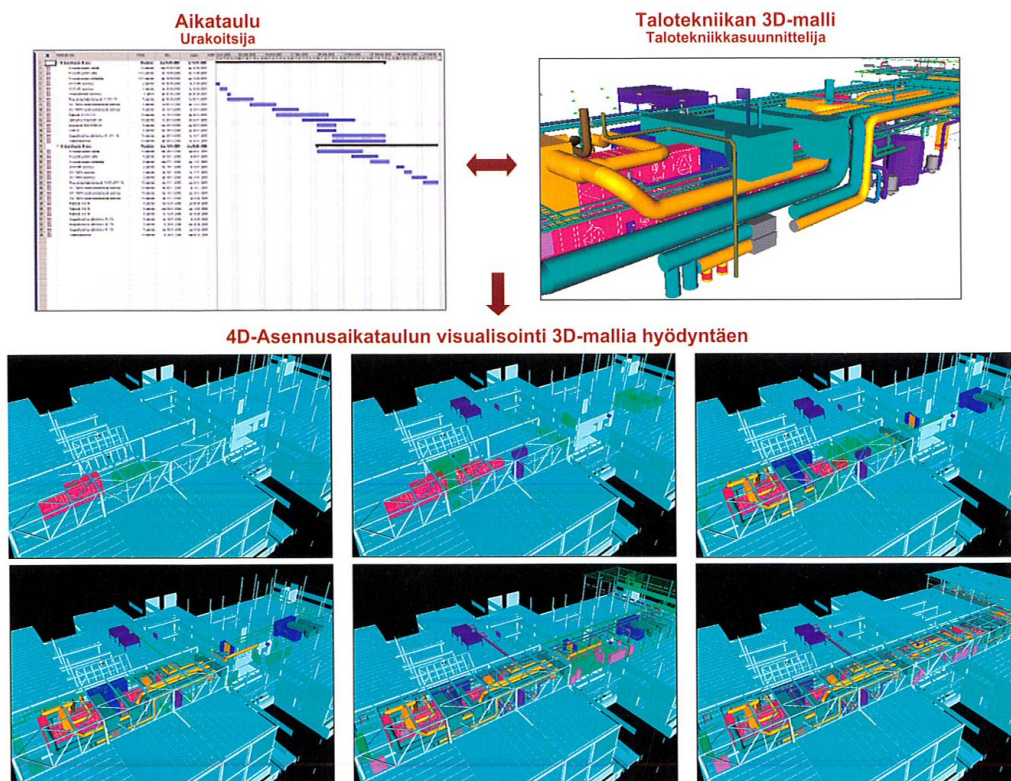
Keskeinen hyöty tietomallintamisesta määrälaskennassa on, että mallista pystytään automaattisesti tuottamaan määräluettelot. Määrätiedoista rakentaja saa omista tuotannosuunnittelu- ja ohjausjärjestelmissään tuotettua kustannustiedot. Tietomallin avulla määrälaskentaan menee huomattavasti vähemmän aikaa, kuin kä-

sin laskettuna. Aikaisemmin olleista pilottikohteista tehtyjen laskelmien mukaan määrälaskennan aikasäästöpotentiaalin on laskentaperusteista riippuen katsottu olevan 30 - 50 % perinteisiin toimintatapoihin verrattuna. Tässä kohtaa täytyy huomioida, että määräluetteloiden paikkansapitävyys riippuu suunnitelmien oikeellisuudesta sekä kattavuudesta. /15/

Mallista ajettujen määrien avulla urakoitsijan tarjouslaskenta nopeutuu, ja urakkarajukset ovat keskenään vertailukelpoisia. Tarjousvaiheessa tietomallin määrätiedot tulisi myös tarkistettua ja silloin voitaisiin havaita suunnitelmissa ja tietomallissa olevat mahdolliset virheet. Määrätietojen ja suunnitelmien tarkastamisella on vaikutusta lisä- ja muutostöiden vähenemiseen. /31/

2.5.3 Aikataulut

Suurissa rakennusprojekteissa aika ja aikataulun pitävyys ovat keskeisessä roolissa. Mallinnusohjelmissa on mahdollista liittää neljänneksi ulottuvuudeksi aika, jolloin esimerkiksi materiaalitoimitukset saadaan aikataulutettua 4D-järjestelmän avulla. Aikataulua pystyy hyödyntämään kokonaisvaltaisen aikatauluttamisen lisäksi työn etenemisen seuraamisessa ja tuotannon sekä työmaan johtamisessa. Aikataulua pystytään havainnollistamaan määrittämällä esimerkiksi eri viikoilla tehtävät työt eri väreillä. Kuvassa 15 esimerkki aikataulun liittämistä tuotemalliin. /15/



Kuva 15. Esimerkki aikataulun liittämisestä tietomalliin /16/

Teklalla on tarjolla rakennusliikkeiden käyttöä varten mallinnustyökaluista riisuttu ohjelmaversio. Teklan 16.0 -versiossa pienin aikayksikkö on yksi kalenteripäivä. Versiossa 16.1 on minuutitkin mukana, joten aikataulun tarkka suunnittelu on enemmän kuin mahdollista. /29/

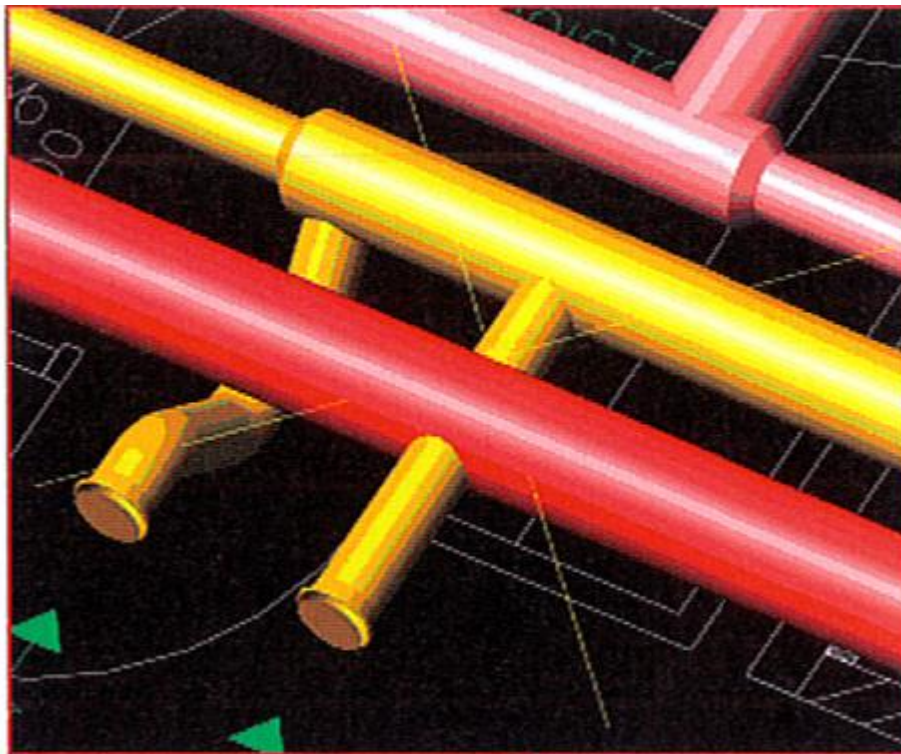
2.5.4 Toteutusvaihe ja rakentamisen laatu

Tuotannonohjausta tapahtuu kohteen koko rakentamisen ajan. Halutun lopputuloksen saavuttaminen edellyttää tuotannonohjauksen ja tuotannon valvonnan toimimista. Tuotannon ohjauksella pyritään estämään poikkeamat suunnitelman mukaisesta toiminnasta. Mahdollisten poikkeamien ilmetessä tuotanto pyritään ohjauksen avulla palauttamaan suunnitelmien mukaiseksi. Valvonnalla varmistetaan suunnitelmien tavoitteiden mukainen toteutuminen. /23/

Tietomallista saatua määrätietoa voidaan hyödyntää aikataulusuunnittelussa ja -ohjauksessa. Tietomallin avulla voidaan nähdä työmaa-aikataulun reaaliaikainen tilanne. Tietomallista voidaan ryhmitellä erilaisia toimituskokonaisuuksia jo

hankkeen alkuvaiheessa. Malliin määritellyt tuotekokonaisuudet on mahdollista kytkeä rakennusten hankintajärjestelmiin sekä logistiikkaan. Tietomallista saattavia tietoja voidaan hyödyntää rakennusosien valmistuksessa. Työmaalle voidaan antaa esimerkiksi sijainti- ja mittatietoja, kun taas tuoteosa- ja elementtivalmistajille voidaan antaa tietoja digitaalisessa muodossa. Työmaan tuotannon etenemistä voidaan mallin avulla suunnitella ja havainnollistaa erilaisin visuaalisin keinoin. Parhaiten hyödyt tuotannon ohjaukseen saadaan, jos mallia käytetään päivittäin. /15/, /31/

Rakentamisen laatuun vaikuttaa se, että tietää mitä pitää tehdä ja miten pitää tehdä. Työmaalla on mahdollista etukäteen tutustua vaikeisiin työkohtiin mallin avulla. Tällä tavalla työ on toteutusvaiheessa tekijälleen jo tuttu ja työn tekeminen helpompaa. Työn havainnollistamisen avulla on helppo miettiä erilaisia tapoja kuinka työ voidaan suorittaa. Ohjelmistot tarjoavat tietomallintamisessa ylivertaisen apuvälineen ongelmakohtien tunnistamiseen. Törmäystarkastelujen (kuva 16) suorittamisella on suuri merkitys esimerkiksi LVI-työntekijöiden työhön, kun mallin avulla voidaan tarkastaa missä putkien pitäisi kulkea. Törmäystarkasteluja tekemällä saadaan poistettua virheitä työmaan toteutuksesta, siten saadaan säästettyä aikaa sekä kustannuksia, kun virheiden korjaaminen, purkaminen ja uudelleen tekeminen vähenee. Jo rakennettuja kohtia voidaan verrata mallien vastaavien kohtien suunnitelmiin. Suunnitelmien tarkkuuden lisääntyessä rakennusaikaiset muutokset vähenevät. /15/, /31/



Kuva 16. LVI-järjestelmämallinnukseen tehty törmäystarkastelu /16/

2.5.5 Työturvallisuus

Työturvallisuuteen vaikuttaa jokainen työmaalla työskentelevä henkilö omalla käyttäytymisellään ja sitä muuttamalla. Työturvallisuuden kannalta vaarallisiin kohtiin voidaan kuitenkin tuotemallin avulla kiinnittää huomiota etukäteen ja näin ollen voidaan ehkäistä työtapaturmia. Riskianalyysin avulla saadaan määriteltyä työmaan vaaralliset kohdat. Tämän jälkeen tietomalliin voidaan mallintaa esimerkiksi telineet, turvakaiteet ja aidat. Kun turvavälineet on otettu huomioon aikataulussa, ilmestyvät ne malliin oikeaan aikaan. Turvallisuusjärjestelmien 4D-mallintamisessa yksi keskeinen hyöty on, että samassa tietomallissa voi olla kaikki rakennuksen kiinteäksi osaksi asennettavat rakennusosat sekä eri työvaiheisiin liittyvät väliaikaiset turvallisuusjärjestelyt. /27/

Mallin avulla työmaalla piilevät riskit voidaan havainnollistaa ja esittää työntekijöille. Mallin käyttäminen esimerkiksi työhön perehdyttämisessä auttaa työntekijöitä näkemään riskit konkreettisesti, ja oikeat toimintatavat olisivat helpommin sisäistettävissä. Tietomalliin siirtyminen lisää rakennushankkeen osapuolten kes-

kinäistä tiedonkulkua. Tiedonkululla on suora yhteys turvallisuuden paranemiseen, sillä useimmissa tapauksissa turvallisuuden pettäminen johtuu tietokatkoksista. /20/, /31/

2.5.6 Urakoitsija ja rakennuttaja

Urakoitsija ja rakennuttaja hyötyvät mallintamisesta useilla eri osa-alueilla. Yksi tärkeistä hyödyntuojista on liiketoimintaan liittyvät erilaiset hyödyt. Kun yrityksellä on vankka taito mallinnusosaamisessa sekä valmiuksia kehittyneeseen tiedonsiirtoon hankkeen osapuolten kesken, uskotaan yrityksen saavan etuja seuraavana mainituista asioista. Pää toteuttajalla on mahdollisuus saada arkkitehdiltä mm. mallista tuotetun markkinointimateriaalin, jonka avulla kohteen markkinointiin saadaan visualisuutta.

Tietomallinnus- ja tiedonsiirtovalmiuksia kehittämällä yrityksellä on mahdollisuus parantaa imagoaan. Yrityksellä on mahdollisuus verkottua muiden mallintavien sekä mallia hyödyntävien osapuolten kanssa tavoiteltaessa tiimityöskentelyä, nopeampaa kehittymistä sekä tuotteistamista. Tietomallintaminen antaa mahdollisuuden aikataulun kiristämiseen sekä merkittäviin aikasäästöihin. Työaikasäästöjen myötä kustannussäästöjä saadaan henkilöstökuluista. /15/

2.5.7 Viranomaistarkastukset

Erilaiset visualisoinnit ja havainnollistaminen selkeyttää suunnitelmien viranomaistarkasteluja sekä kaupunkikuvallista arviointia. Suunnitelmien toimivuutta ja soveltuvuutta voidaan arvioida, kun mallipohjaiset suunnitelmat sovitetaan esimerkiksi jo ennakkolausuntovaiheessa tulevaan ympäristöönsä. Joitakin viranomaisten suorittamia teknisiä tarkastuksia on mahdollista tehdä suoraan tuotemalleista. Poistumisreittien riittävyys ja pituus sekä väylien leveydet voidaan tarkastaa tuotemallien tarkistusohjelmilla. /15/

Rakennusviranomaisten toimintaan tulee tulevaisuudessa muutoksia tietomallintamisen yleistyttyä. Rakennuslupaa varten tietomallista tuotettaviin piirustusdokumentteihin joudutaan lisäämään mittaviivoja, materiaalimerkintöjä sekä muita nykyisten lupamääräysten vaatimia graafisia elementtejä. Rakennusvalvonnan

resursseja voitaisiin tehostaa tuottamalla rakennusvalvonnan asiakirjat sähköisessä muodossa tietomallista. /15/, /20/

2.5.8 Asiakaspalvelu

Tietomallista saatavan 3D-visualisoinnin avulla asiakkaan on helppo nähdä, millaisilta eri vaihtoehdot näyttävät ja millainen valmiista kohteesta tulee. Visualisointi toimii erinomaisena päätöksenteon tukena vaihtoehtojen vertailussa, elinkaaritietojen hallinnassa ja ympäristövaikutusten analysoinnissa. Elinkaaritiedon hallintaa on mahdollista tarkastella kolmesta eri näkökulmasta: ominaisuustietojen täsmennyessä elinkaaritietoja syötetään järjestelmällisesti ja välittömästi, tietojen hyödyntäminen kiinteistön hallinnassa sekä korjaus- ja ylläpitotoiminnassa. Tietomallintaminen mahdollistaa asiakkaan osallistumismahdollisuudet jo varhaisessa vaiheessa. Tällä tavalla asiakas pystyy vaikuttamaan suunnitelmien lopputulokseen. /15/, /19/

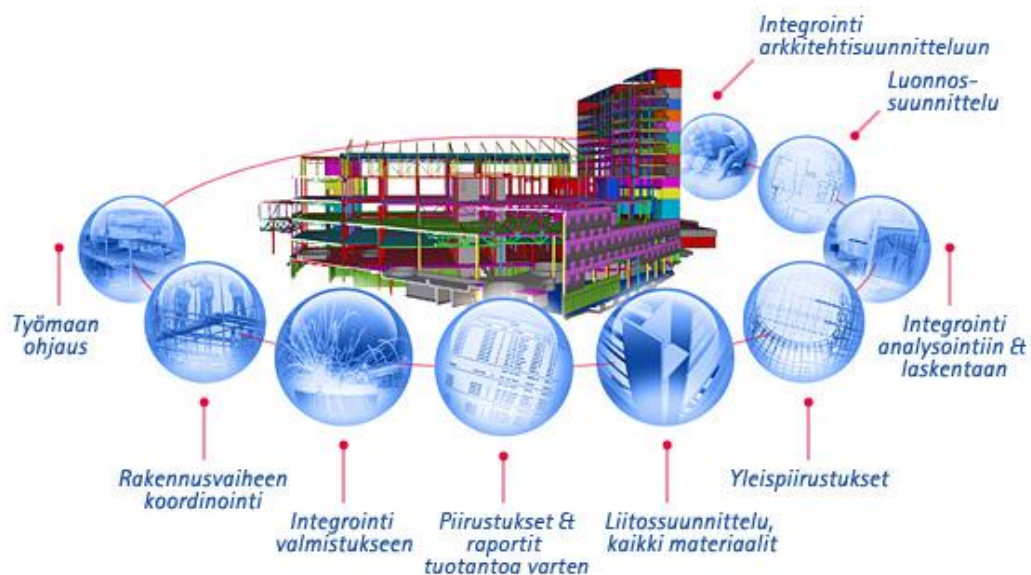
Asiakkaan kerrottua suunnittelijoille omat vaatimuksensa esimerkiksi hankkeen budjetin ja lopputuloksen suhteen on suunnittelijoiden löydettävä hankkeelle sopiva toteutustapa. Pätevien suunnittelijoiden avulla asiakas voi säästää aikaa ja rahaa, kun suunnitelmia tehtäessä etsitään erilaisia toteutustapoja joista valitaan paras. Tietomallintamisessa voidaan ajatella, että asiakas on kuin matkustajana taksissa ja kertoo kuljettajalle mihin haluaa mennä. Suunnittelija toimii taksissa kuljettajana ja valitsee sopivimman reitin perille. Kuljettajan velvollisuutena on ajaa taitojensa mukaisesti sekä kommunikoida muiden kuljettajien (=suunnittelijoiden) kanssa, jotta ruuhkilta ja eksymisiltä vältyttäisiin. Matkan aikana asiakkaan on suotavaa välillä tiedustella missä ollaan menossa, jotta voidaan varmistua oikeaan suuntaan kulkemisesta. Vaikka mitä tapahtuisi, asiakkaan tulee antaa kuljettajan olla kuljettajana ja itse pysyä asiakkaana takapenkillä. Perille päästyään asiakas voi tyytyväisenä maksaa laskun hyvin sujuneesta matkastaan eli valmistuneesta rakennuksesta. /4/

2.6 Tekla Structures

Tekla Structures on rakennuksen tietomallinnus- ohjelmisto, jolla voidaan luoda ja hallita tarkasti detaljoituja, rakentamisen prosesseja tukevia kolmi- ja nelikulottei-

sia rakennemalleja. Tekla Structures integroituu avoimesti muihin ohjelmistoihin ja referenssimalleihin sekä tukee rakennusprosessin kaikkia vaiheita (kuva17). Teklalla tuotettua mallia voidaan hyödyntää rakennusprosessin kaikissa eri vaiheissa aina luonnossuunnittelusta valmistukseen, pystytykseen sekä rakentamisen hallintaan. Tekla Structures -mallinnusohjelmisto on saatavana rakentamisen eri toimialoja vastaavissa ohjelmistokokoonpanoissa ja se on kattava ratkaisu /29/:

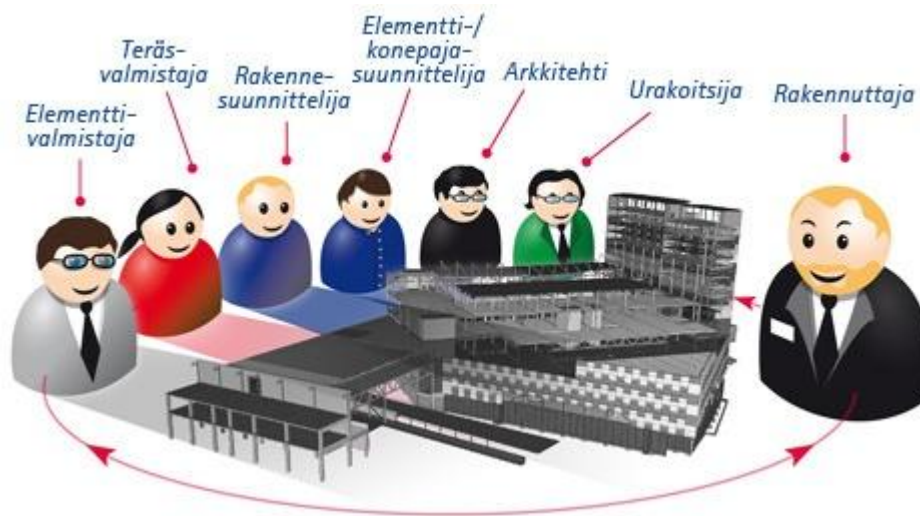
- rakennesuunnitteluun
- teräsrakenteiden suunnitteluun ja valmistukseen
- betonielementtien suunnitteluun ja valmistukseen
- työmaan ja rakentamisen hallintaan



Kuva 17. /29/

TS-ohjelmisto auttaa projektitietojen hallinnassa ja jakamisessa. Lisäksi se tukee tehokkaasti rakennuksen tietomallinnusprosessia. Rakennesuunnittelijan tekemään malliin voidaan lisätä tietoja esi- ja rakennesuunnittelusta työmaan ohjaukseen. Tämän avulla voidaan rakentamisen toteutusta valvoa suunnitteluvaiheesta toimitukseen, asennukseen sekä kiinteistön ylläpitoon rakennuksen elinkaaren ajan. TS-ohjelmisto tukee urakoitsijoita sekä muita projektinhallinnan ammattilaisia projektin suunnitteluun ja muihin toteutukseen liittyvien tietojen keskittämisessä sekä visualisoinnissa. Ohjelmiston avulla on mahdollista käsitellä suuria tietomääriä

useista eri lähteistä. Projektiosapuolten välinen tiivis integroituminen edistää eheää tiedonsiirtoa (kuva 18). /30/



Kuva 18. Osapuolten välinen tiedonsiirto /30/

Yhteen toimivuus muiden sovellusten kanssa on hyvä, sillä TS tukee tiedonsiirto-standardeja ja sisältää avoimen rajapinnan muihin sovelluksiin. Tarvittaessa sen pohjalta voidaan kehittää yksityiskohtainen ratkaisu. Tiedonsiirtomuotoja, joita Tekla tukee, ovat esimerkiksi IFC, CIS/2, SDF ja DSTV. Eri järjestelmiin TS linkittyy Tekla Open API™-rajapinnan kautta. Tekla Open API™-rajapinnan toteutus perustuu Microsoftin tekniikkaan. /29/

2.7 Mallintamisen esteet ja haasteet

Tietomallintamisen myötä saatujen uusien mahdollisuuksien hyödyntämisen ei voi olettaa tapahtuvan hetkessä, sillä se edellyttää pitkäjänteistä kehitystoimintaa, jossa korostuvat verkostoituminen hankeosapuolten välillä sekä luottamukselliset yhteistyökumppanuudet. Tietomallintamiseen siirtyminen nostaa aluksi kustannuksia uusien ohjelmistojen hankkimisen ja henkilökunnan kouluttamisen myötä. Erityisesti pienemmillä yrityksillä voi olla paineita laajempiinkin järjestelmäinvestointeihin. Rakennushankkeissa sovellettavat rakennusalan yhteisten pelisääntöjen luominen sekä sovittaminen käytännön hankkeisiin ovat keskeisimpiä haasteita rakennusalan lähivuosien aikana. Tietomallintamisen pilottikohteissa ha-

vaittujen hyötyjen saavuttamiseksi tulee tehdä sopeuttamistyötä, jonka myötä tietomallintaminen voi kasvaa osaksi rakentamisprosessia. /7/, /15/

Tietomallintamisen myötä yritysten IT-osaamisen kohottamistarve on keskeisimpiä haasteita tällä hetkellä. Samalla kun täytyy omaksua uusia tietomallipohjaisia työ- ja toimintatapoja, on hoidettava normaalit päivittäiset työtehtävät. Tietomallintaminen on jatkuvan kehityksen alla, joten alati muuttuvien ohjelmien käytön opettelu tulee tapahtua ihmisten oppimiskyvyn ehdoilla. Tietomallipohjaisen hankkeen onnistumisen, suunniteltujen hyötyjen irti saamisen ja hankkeen tehostumisen edellytyksenä on, että hankkeen kaikkien osapuolten on kyettävä toimimaan tietomallipohjaisesti. Pelkkä ns. rivityöntekijöiden paneutuminen uuden tekniikan käyttöön ei riitä, sillä yritysten ylimmän johdon sitoutuminen uuden tekniikan käyttöönottoon on oleellisen tärkeää. Rakennusosalalla tämä on ollut suuren esteenä tietomallintamiselle, sillä useissa yrityksissä tietomallintaminen saatetaan kokea liian teknisenä asiana, eikä sitä ole omaksuttu osaksi koko liiketoimintaa. Ei siis riitä, että esimerkiksi urakoitsija osaa mallintamisen taidon ja ymmärtää sen mahdollisuudet, myös muiden yhteistyökumppaneiden tulee hallita se. Tietomallintamiseen liittyviä haasteita on esitetty kuvassa 19. /7/, /15/



Kuva 19. Tietomallintamiseen liittyvät haasteet (vrt. /31/)

2.7.1 Suunnittelu

Mallintaminen on työläämpää kuin perinteinen suunnitteludokumenttien tekeminen, mutta myös muut hankkeen osapuolet voivat hyödyntää mallia. Alussa työnjako voi helposti olla epäselvää, ja aikaa kuluu tekemättömien tehtävien tekemiseen. Vaikka aluksi mallintaminen ei onnistuisikaan, tulisi silti asennoitua tietomalliorientoituneesti. /7/, /15/

Suunnittelija 1:n mukaan suurimmat haasteet suunnittelijoille tulevat keskeneräisistä arkkitehtisuunnitelmista. Suunnittelija 1:n mukaan ohjelmistoja kehitettäessä ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota korjausta vaativiin toimintoihin, vaan kehitetään uusia ominaisuuksia. ”Ohjelmistossa olevia ongelmia ei pyritä ohjelmistovalmistajan puolelta korjaamaan, vaan pyritään enemmän kehittämään uusia ominaisuuksia”, sanoo suunnittelija 1.

Suunnittelija 2:n mukaan mallintamisen tehokkuuden ja tietomäärän lisääminen sekä määräluetteloiden saattaminen tyydyttävään muotoon ovat haasteita tuovat kohdat. Suunnittelijoiden mukaan ohjelmissa on vielä melko paljon virheitä ja puutteita. Ohjelmat ovat kuitenkin käyttökelpoisia ja kehittyvät virheettömiksi sekä paremmin toistensa kanssa yhteensopiviksi.

Suunnittelija 2:n mukaan IFC-tiedonsiirron hyödyntämisestä puhutaan paljon, mutta käytännössä sitä ei näe käytettävänä useinkaan. Suunnittelija 2:n uskoo IFC-järjestelmän yleistyttyä heräävän kysymyksen ”kenelle kuuluu mallien yhdistäminen?”. Suunnittelija 3:n mukaan ohjelmistojen yhteensopivuusongelmista johtuen tiedonsiirto on vielä melko hankalaa. IFC:n kääntö ei suunnittelija 3:n mukaan toimi vielä saumattomasti, IFC ikään kuin kulkee jäljessä.

Haasteina mallintamisessa suunnittelija 3 näkee tietomallin käyttöönoton myös rakentamisen ja kiinteistönpidon aikana, ei vain suunnittelussa. Haasteina hän näkee myös sujuvamman ”keskustelut” eri suunnittelualojen ohjelmistojen välillä. Ohjelmistojen yhteensovitus pitäisi saada sujuvammaksi ja helpommaksi.

Suunnittelija 4 näkee haasteina suunnittelijoiden välisen yhteyden pidon sekä suunnittelun systemaattisuuden. Suunnittelun systemaattisuuden suunnittelija 4 näkee etenkin suunnittelutoimistojen haasteena silloin, kun suunnittelutoimistot osaavat ohjata suunnittelijoitaan käyttämään mallintamisessa jotain tietynlaista systematiikkaa, vähenevät suunnitelmien virhemahdollisuudet. Systemaattisuuteen sisältyy esimerkiksi eri osien numerointi.

2.7.2 Määrälaskenta

Määrälaskennan näkökulmasta katsottuna mallin tärkein ominaisuus on sen johdonmukaisuus. Määrälaskennassa hankaluuksia aiheuttavat tilanteet, joissa useasti esiintyvä sama asia on mallinnettu eri tavalla mallin eri osissa. Jos mallissa on eri tarkkuudella mallinnettuja kohtia, tulee suunnittelijan kirjata tällaiset tilanteet tietomalliselostukseen, jotta määräasiantuntija voi ottaa ne huomioon määriä laskettaessa. /25/

Haastatellut suunnittelijat ovat sitä mieltä, että tietomallista tuotetut määräluettelot ovat käyttökelpoisia ja luotettavia, kunhan malli ja luettelopohja on tehty täysin oikein. Suunnittelijat kannattavat kuitenkin jonkinlaisen tarkastuksen tekemistä, jotta suunnitelmien oikeellisuudesta voidaan olla varmoja.

2.7.3 Toteutusvaihe

Työmaakäyttöön mallinnusohjelmat ovat raskaita ja vaikeita käyttää. Kynnys tietomallin päivittäiseen käyttämiseen saattaa nousta ohjelman käytön ollessa liian haasteellista. Vaikeuden tuoman turhautumisen myötä saatetaan ajatella, että kallista aikaa menee hukkaan ohjelman käyttöä opeteltaessa, kun olisi niitä ”oikeita töitäkin” tehtävänä. Turhautumista ohjelman käytön haasteellisuuteen voidaan välttää kouluttamalla henkilökuntaa riittävästi.

Haasteena on kehittää työmaalle oma versio mallinnusohjelmasta, jossa tietomäärää olisi kevennetty työmaalle paremmin soveltuvaksi esimerkiksi vähentämällä suunnitelmista yksityiskohtien määrää. Joissain tapauksissa tiedostojen koot voivat kasvaa niin suuriksi, että niiden avaaminen ja käsittely on hidasta. Työmaalla käytettävät koneet ja nettiyhteydet ovat usein liian hitaita tai alimitoitettuja. Hitaat

yhteydet sekä tehottomat koneet aiheuttavat esimerkiksi ohjelmien kaatuilemisen.

/31/

3 TERVAVÄYLÄN KOULU

3.1 Kohteen esittely

Tervaväylän koulu (kuva 20) sijaitsee Oulun keskustan tuntumassa. Pääurakoitsijana kohteessa toimi Peab Oy. Kohteen rakentaminen aloitettiin toukokuussa 2008 ja kohde valmistui syksyllä 2009. Rakennus on 5.400m² 3 - 4 -kerroksinen koulurakennus, jossa on osittainen kellarikerros. Kantavat rakenteet ovat teräsbetonia ja julkisivut pääosin rapattua tiiltä. Suunnittelun keskeisessä roolissa oli sisä- ja ulkotilojen esteettömyys, sillä rakennus toimii monivammaisten lasten koulu- ja asuntolarakennuksena, ja valtaosa koulun oppilaista käyttää liikkumisen apuvälineenä pyörätuolia. Pyörätuoleilla tulee päästä niin ylempiin kerroksiin kuin saunaan ja allasosastollekin. /21/



Kuva 20. Tervaväylän koulu /5/

Kohde mallinnettiin kokonaisuudessaan kaikilta suunnittelualoilta. Kohteen mallintamisessa käytettiin Tekla Structure -mallinnusohjelmaa. Hanke oli Senaatti-kiinteistöjen pilottikohde suunnittelussa käytetyn tietomallinnuksen osalta. Senaatti-kiinteistöt oli tehnyt päätöksen ottaa mallinnuksen käyttöön ainakin arkkitehtisuunnittelussa. Uudisrakennuksena Tervaväylän hanke oli tarpeeksi selkeä ja sopiva kohde, joten se päätettiin mallintaa kaikilta suunnittelualoilta. /21/

3.2 Kohteen valinta

Tähän työhön sopivaa kohdetta alettiin etsiä jo elokuussa 2009. Vaihtoehtoja tiedusteltiin Peab:n eri yksiköistä, mm. Seinäjoelta ja Vaasasta. Kohteen valintapäätös oli silti melko helppo tehdä, sillä Peab:lla ei ole Oulun alueella ollut muita tietomallinnettuja kohteita.

Valintapäätöstä vahvisti myös se, että kohde on jo saatu valmiiksi. Kohteen vertailu oli mahdollista toteuttaa, koska kohteessa toteutetut toimintatavat sekä lopputulos oli jo selvillä. Kohteeseen tutustuttiin hieman jo kesällä 2009 kohteen ollessa vielä rakentamisvaiheessa.

3.3 Havaitut hyödyt

Rakennusaikaisia muutostöitä oli selkeästi vähemmän kuin perinteisillä suunnittelumenetelmillä on aiemmin ollut. Tehdyt muutokset olivat lähinnä yksityiskohtien tarkennuksia sekä lisätöitä, jotka johtuivat projektin erikoisesta luonteesta. Mallintaminen toi hyötyjä kaavamuutossuunnittelun yhteydessä, koska rakennusta oli massoiteltu kaupungin kaavoitusosaston kanssa. Rakennusvalvonnan kanssa rakennuttaja teki luonnosvaiheessa yhteistyötä kattomuotojen sekä jäsentelyiden osalta.

Käyttäjille mallintamisesta oli hyötyä havainnollistamisessa, sillä kolmiulotteista mallia tarkastelemalla he pystyivät antamaan palautetta kohdista, jotka tarvitsivat muutoksia. Annetun palautteen perusteella pystyttiin kehittämään ainakin muutamia asioita, joiden muuttaminen rakennusvaiheessa olisi aiheuttanut lisäkustannuksia.

Tiedonsiirto eri osapuolten välillä toteutettiin projektipankin avulla. Suunnitelmat olivat projektipankissa pdf-muodossa, joten kaikkien hankeosapuolten oli helppo tarkastella niitä. DWG-piirustuksia sekä yhdistelmämalleja rakennuttaja pystyi tarkastelemaan DWG TrueView -ohjelmalla. Eri suunnittelijoiden mallit oli yhdistetty IFC:n avulla yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallista Pöyry Building Services Oy suoritti törmäystarkastelun.

3.4 Työmaahenkilöstön kokemukset

Työmaahenkilöstön kokemusten selvittäminen oli oleellinen osa työtä, tutkittaessa kohteeseen saatuja hyötyjä sekä tietomallintamisesta löytyneitä haasteita. Työmaahenkilöstön kokemukset olivat tärkeitä siinäkin mielessä, että tällaisesta pilotikohteesta kerätyistä tiedoista voidaan tulevaisuudessa hyötyä vastaavissa tapauksissa.

Työmaahenkilöstön kokemuksia ja mielipiteitä tietomallintamisesta kerättiin haastattelujen avulla. Työmaahenkilöstöstä haastateltiin työnjohtajaa, joka käytti tietomallia. Työnjohtajan lisäksi haastateltiin LVI-työnjohtajaa, joka käytti tietomallia eniten hyödykseen omissa töissään.

3.4.1 Tietomallinnusohjelman käyttö

TS-ohjelman käyttöön annettu perehdytys oli ollut kahden koulutustilaisuuden mittainen. Perehdytys oli koettu ihan riittävän kattavaksi ja siitä oli saatu perustiedot ohjelman käyttämiseksi. Aiempaa kokemusta tietomallinnusohjelmien käytöstä ei haastatellulla työnjohtajalla ollut ja omien ATK-taitojen puutteellisuus oli tuonut lisähaasteita ohjelman käytölle. Haastateltu LVI-työnjohtaja koki tietomallinnusohjelman käytön melko helpoksi.

Ohjelman käyttäminen oli koettu vaikeaksi, osasyynä siihen saattaa olla omien ATK-perustaitojen puutteellisuus. Tietomallista ei tulostettu kuvia tai materiaali-listoja. Tärkeitä kohtia tarkasteltiin suoraan tietokoneen ruudulta. Tietomallia ei käytetty aikataulun suunnittelussa tai valvonnassa. Suurimpana syynä tähän oli, että osa projektin osapuolista käytti tietomallia vasta ensimmäistä kertaa.

Tietomalli oli käytössä työmaalla heti alusta asti, mutta sitä ei käytetty päivittäisessä tuotannonohjauksessa. Eniten tietomallia käyttivät LVI-työnjohtajat, jotka tarkastelivat 3D-kuvista putkien risteämiä.

Tietomallin liittämisen osaksi työturvallisuutta haastateltu työnjohtaja näkee mahdollisena. Esimerkiksi rakennuksen yleiskuvauksessa ennen työmaakerrosta työmaahan tutustuttaessa tietomalli voi olla hyödyksi. Työturvallisuuden liittyminen

mallintamiseen tuo taas lisähaasteita tietomallin käyttämiseen, kun malliin liitetään aika, jonka mukaan esimerkiksi turvakäsite tulevat kuviin.

3.4.2 Hyvät kokemukset

Tietomallintaminen oli pääsääntöisesti koettu työmaalla hyvänä asiana. Ohjelman käyttöön oli saatu riittävä perehdytys, jotta ohjelman käyttö työmaalla oli mahdollista. Positiivista palautetta tuli tietomallissa LVI-putkiin tehdyistä törmäystarkasteluista, joiden avulla pystyttiin hahmottamaan, millä korkeudella eri putkien ja johtojen tulee kulkea.

Hyvänä kokemuksena pidettiin mahdollisuutta tutustua tietomallintamiseen ja saatiin pintapuolinen katsaus siitä, missä kaikessa mallintamisesta voi olla hyötyä. Seuraavissa kohteissa mallintamisesta voidaan saada vielä enemmän irti, koska ammattitaito mallintamisessa kasvaa. ”Kyllä varmasti tulevaisuudessa tulee yleistyään ja silloin on enemmän hyötyäkin, kun suunnittelijoiden taito karttuu niin se helpottaa työmaan hommia.”, sanoo haastateltu työnjohtaja.

3.4.3 Huonot kokemukset

Huonoihin kokemuksiin luettiin jo edellä mainittu ohjelman käyttövaikeus. Malli oli alussa melko raakaversio. Esimerkiksi korkoja ei ollut määritelty oikein mikä näkyi kuvissa päällekkäisyyksinä. Tämän lisäksi suunnitelmista oli löytynyt muitakin epäkohtia. Projektin tiedoston koko kasvoi suunnitelmien edetessä ja muutoksia tehtäessä niin suureksi, etteivät tietokoneet enää jaksaneet kunnolla pyörittää mallinnusohjelmaa.

Tietomallintaminen tuo tullessaan uuden kulttuurin rakentamiseen. Se vaatii asenteiden muuttumista ja lisää koulutusta. Alalla oleva vanhempi sukupolvi ei välttämättä ole valmis ottamaan muutosta heti vastaan, vaan se haluaa toimia vanhojen toimintatapojen mukaan.

3.5 Arkkitehdin kokemukset

Arkkitehdille Tervaväylän koulu oli ensimmäinen projekti, jossa kaikki suunnittelualan tietomallinnettiin ja tietomallit sovitettiin yhteen. Aivan uusi asia tietomal-

lintaminen ei arkkitehdille ollut. Hän oli aiemmin tutustunut mallinnusohjelmaan tekemällä muutamia suunnittelutehtäviä tietomallinnusohjelmalla. Kyseisissä tapauksissa tietomallintamista ei kuitenkaan viety loppuun asti eikä muita suunnittelualoja mallinnettu.

Kohteen mallintaminen oli jossain määrin työläämpi suunnittelutehtävänä kuin ns. tavallinen suunnittelu. Suunnittelun työmäärään ei vaikuttanut pelkästään tietomallinnus, sillä myös rakennuksen käyttötarkoitus kasvatti työmäärää. Mallintaminen lisäsi työmäärää n. 20 %. Tietomallinnus kulki aikataulullisesti muun suunnittelun kanssa rinnakkain. Kohde suunniteltiin mallintamalla. Tietomallinnus oli siis suunnitteluväline, eikä tietomallia tehty pelkästään mallintamisen takia.

Arkkitehtisuunnittelijat tekivät yhteistyötä LVI-suunnittelijan, sähkösuunnittelijan ja rakennesuunnittelijan kanssa. Yhteensä oli siis 4 erillistä mallia, jotka oli tehty 3 eri ohjelmistolla. Suunnitelmiin ei tullut normaalista poikkeavaa määrää muutoksia.

Haastavin vaihe mallinnuksessa oli ollut, kun piti luoda kohteeseen sopivat perusobjektit ja niille tietyt perusmäärittelyt. ”L2-vaiheessa oli suuri työ mallintamisessa, silloin luotiin kaikki perusobjektit ja niille tietyt perusmäärittelyt”, sanoo haastateltu arkkitehti. Mallia tarkennettiin toteutussuunnitteluvaiheessa mm. kalustuksen, alakattojen ja rakennusosien tarkempien määrittelyjen osalta.

Hyötyjä tietomallintamisesta oli asiakirjojen hallinnassa, joka oli helpompaa kun ns. peruskuvien tieto oli yhdessä mallissa. Toinen merkittävä asia oli mahdollisuus tutkia rakennusta koko ajan 3D-maailmassa. 3D-maailma helpotti monien hankalien paikkojen ratkaisemista, myös arkkitehtonisessa mielessä.

3.6 Vertailu

Työssä päätettiin vertailla kohdetta ja sen rakentamisprosessia näkökulmista ”kohde mallinnettu” ja ”kohdetta ei mallinnettu”. Vertailun avulla saatiin toden-

nettua mallintamisen vaikutuksia rakentamisprosessiin. Vertailun tuloksia selvitetiin haastattelujen avulla.

Vertailusta tuli melko suppea, koska tietomallia ei käytetty työmaalla niin laajasti kuin parhaassa tapauksessa olisi ollut mahdollista. Hyvänä lisänä vertailuun olisi ollut esimerkiksi mallin hyödyntäminen työhön perehdyttämisessä ja se, miten uusi perehdyttämistapa koettiin työntekijöiden keskuudessa.

3.6.1 Kohde mallinnettu

Rakennuksen käyttäjä sai tukea päätöksen teolleen 3D-kuvista, jotka visuaalisuudellaan auttoivat kokonaisuuden sekä pienimpienkin yksityiskohtien hahmottamisessa. Suunnittelussa 3D-tarkastelumahdollisuuden myötä vaikeiden kohtien suunnittelu helpottui.

Työmaalla mallintaminen vaikutti pääasiassa LVI-tekniisiin töihin, joissa apua saatiin putkien ja johtojen törmäystarkasteluista sekä asennusvaiheessa otetuista snap shot -kuvista, joiden avulla rakentamisen yksityiskohtien havainnollistaminen selveni. Lisä- ja muutostöiden määrään tietomallinnus vaikutti positiivisesti, sillä niitä oli tässä projektissa tavallista vähemmän.

3.6.2 Kohdetta ei mallinnettu

Tietomallin puuttuminen olisi saattanut vaikeuttaa rakennuksen tulevan käyttäjän kykyä ilmaista mielipiteitään suunnittelusta ja sen yksityiskohdista, jotka olivat tässä kohteessa erityisen tärkeässä asemassa.

Jos kohdetta ei olisi mallinnettu, voi aiempien projektien perusteella sanoa, että lisä- ja muutostöiden määrä olisi mitä luultavimmin ollut suurempi kuin aiemmissa hankkeissa. Lisä- ja muutostöiden määrä olisi ollut ilman tietomallia suurempi, sillä ilman tietomallinnusta ja sen ominaisuuksia suunnitelmat olisi voinut sisältää enemmän virheitä. LVI-tekniisiin töihin mallin puuttuminen olisi joiltain osin vaikuttanut ongelmakohtien ratkaisussa. Suurempaa vaikutusta mallin puuttumisella tuskin olisi ollut, sillä työt olisi silloin tehty vanhoja työtapoja käyttäen.

3.6.3 Kustannukset

Kohteen kokonaiskustannukset olivat noin 15 milj. €. Senaatti-kiinteistöjen mukaan ainakin suunnittelukustannukset nousivat jonkin verran. Kustannuksia oman lisän toivat myös rakenteisiin tehdyt törmäystarkastelut. Suunnittelupalkkioiden lisäkustannukset kohosivat jonkin verran tavallisesta, mutta suunnittelupalkkioista aiheutuneet lisäkustannukset todennäköisesti säästettiin toteutumattomina lisä- ja muutostöinä.

Pääurakoitsijalle lisäkustannuksia muodostui työntekijöiden koulutuksen järjestämisestä, tehokkaiden tietokoneiden sekä riittävän nopean Internet-yhteyden hankkimisesta. Pääurakoitsijan kustannukset laskivat jonkin verran, suurimmaksi osaksi yleiskulujen osalta. LVIS -putkistoihin tehdyt törmäystarkastelut sekä asennusvaiheessa otetut snap shot -kuvat havainnollistivat rakentamisen yksityiskohtia. Näiden edellä mainittujen toimintojen avulla säästettiin aikaa ja siten myös rahaa.

Jos tietomalli olisi ollut käytössä jo laskentavaiheesta alkaen, olisivat kulut laskeutuneet vieläkin enemmän. Tähän olisivat omalta osaltaan vaikuttaneet massamäärien tarkentuminen, aikataulutuksen tarkentuminen jo laskentavaiheessa, projekti-aikataulun analysointi reaaliaikaisena, työturvallisuuden liittyvät seikat sekä LVIS-avutöiden tarkentuminen.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Tietomallinnuksella saavutettavat hyödyt

Tietomallinnuksesta hyödytään rakennusliikkeessä rakentamisen jokaisella osa-alueella. Tietomalli on kattava työkalu rakennusliikkeille rakennuksen koko elinkaaren ajaksi. Suunnittelun tarkentuminen sekä suunnitteluvirheiden määrän lasku ovat vaikutuksessa rakentamisaikaisiin lisä- ja muutostöihin. Kustannussäästöjä saadaan määrälaskennan nopeutuessa sekä lisä- ja muutostöiden vähentyessä. Tietomallista saatuja määriä voidaan käyttää hyödyksi kustannuslaskennassa ja hankinnassa. Aikataulun seuranta helpottuu tietomallia käytettäessä.

Tuotannonohjaukseen saatavista hyödyistä yksi tärkeimmistä on mahdollisuus vaikeiden työkohtien tutkimiseen detaljien avulla. Kun vaikeat kohdat saadaan selvitettyä etukäteen, säästetään aikaa työtä tehtäessä. Työhön perehdyttämisessä sekä työturvallisuudessa tietomallin hyödyntäminen on tarpeen ennen kaikkea, kun halutaan havainnollistaa työntekijöille kohteen kriittiset paikat.

Nykyaikana energian sekä ympäristön huomioon ottaminen on erityisen tärkeää. Tietomallin avulla voidaan tarkastella rakennuksen energiatehokkuutta sekä ympäristövaikutuksia. Tällä tavalla voidaan tarkastella erilaisia vaihtoehtoja, jotta löydetään sekä energiatehokkain että ympäristöystävällisin tapa toteuttaa rakennus.

4.2 Tietomallinnuksessa esiintyvät ongelmat

Tietomallinnuksessa esiintyvät ongelmat liittyivät pääsääntöisesti eri ohjelmien käytön haasteellisuuteen, niiden keskinäiseen yhteensopimattomuuteen sekä tiedonsiirron vaikeuteen. Ohjelmistojen käyttö on alussa melko haastavaa, eikä se onnistu ilman kunnollista perehdytystä asiaan. Tiedonsiirrossa vaikeuden takana ovat rajapinnat, joiden määrittäminen on haastavaa. Jos rajapinnat on määritelty väärin, ei tiedonsiirto onnistu. Mallien siirtäminen eri ohjelmien välillä ei siis välttämättä onnistu, jos ohjelmat eivät tue toisiaan.

Ongelmia tulee myös silloin, jos vain osa kohteesta on mallinnettu ja osa tehty toisin. Suunnitelmien keskinäinen tarkastelu ei silloin välttämättä onnistu, koska ohjelmat eivät tue toisiaan. Suunnittelijoiden puutteellisen ammattitaidon myötä suunnitelmien epätäsmällisyys ja mittavirheet sekä puutteelliset tiedot voivat aiheuttaa ongelmia malleja yhdistettäessä ja etenkin työmaalla kun kohdetta ollaan rakentamassa.

Tietomallintamiseen siirtyminen lisää alussa kustannuksia yrityksen joutuessa hankkimaan tehokkaita tietokoneita, jotka jaksavat pyörittää mallinnusohjelmia. Ohjelmien lisenssit tuovat myös oman melko suuren kustannusten nousun, toki ne jossain vaiheessa alkavat maksaa itseään takaisin.

4.3 Kehitysehdotukset ja jatkotutkimusaiheet

Kehitysehdotus koskee tietomallin käyttöönottoa ja sen käyttöä työmaalla. Työmaahenkilöstölle kannattaa tehdä jonkinlainen helppolukuinen manuaali, jossa olisi esitettynä kaikki perustapaukset joissa tietomallia voi työmaalla hyödyntää. Tällä tavalla työmaalla voitadaan tarkistaa epävarmat kohdat ja katsoa neuvoja, jos ohjelman käytössä ilmenee ongelmia. Manuaalin lisäksi koulutuskertoja on hyvä lisätä, jotta nekin, joiden ATK-taidot ovat heikommat, oppisivat ohjelman käytön mahdollisimman hyvin. Ohjelman käyttöönottovaiheessa voi työntekijöille antaa jonkinlaisen kannustimen, joka kannustaa heitä suhtautumaan tietomalliin ja sen käyttöön positiivisesti.

Jatkotutkimusaiheita tietomallintamisesta voi olla yhtä monta kuin on tekijääkin. Yhtenä jatkotutkimusaiheena on, miten tietomallintaminen voidaan ottaa työmaalla vastaan siten, että työt sujuvat jouhevasti uuden ohjelman käytöstä huolimatta. Tähän liittyy tuo kehitysehdotuksena mainittu manuaali työmaalle ja se, kuinka manuaalista saadaan kehitettyä mahdollisimman kattava, mutta silti tiivis paketti työmaan käyttöön. Toisena mielenkiintoisena jatkotutkimusaiheena on, mitä tietomallin sujuva liittäminen hankinnan osaksi vaatii ja kuinka se kannattaa toteuttaa.

5 KRIITTINEN POHDINTA

Työtä tehtäessä materiaalin paljous tuotti haasteita. Materiaalin täytyi jaotella uudet ja vanhat -periaatteella, jotta voitiin vertailla, kuinka paljon asiat ovat muuttuneet eri julkaisujen välillä. Vanhaa materiaalia tuli käyttää harkiten, sillä tekniikka on kehittynyt paljon viime vuosien aikana.

Tutkimushaastattelu kirjassa on kerrottu, että haastattelujen luotettavuuteen vaikuttavat haastattelujen tallennustavat/3/. Osa työssä käytetystä haastatteluaineistosta on luotettavaa, sillä niihin vastaukset on annettu sähköpostitse, jolloin haastateltava on itse kirjoittanut vastauksensa. Haastatteluista kaksi tehtiin puhelimitse, jolloin haastatellun vastaukset kirjoitettiin muistiin sitä mukaan, kun hän kysymyksiin vastasi. Haastatteluja ei siis nauhoitettu, joten siltä osin tulokset eivät olleet luotettavia. Suuria eroja ei haastattelutulosten välillä ollut, sillä mielipiteet eri suunnittelijoiden sekä tuotannontyöntekijöiden välillä olivat melko samat. Haastateltuja oli yhteensä 8 kpl. Haastatelluista 5 oli työskennellyt Tervaväylän koulun rakennusprojektissa. Tietomallin pääasialliset käyttäjät haastateltiin, mutta haastateltujen lisäys olisi tuonut vain vähän lisätietoa kohteen tietomallintamisesta.

Esimerkkikohteen suunnittelua ja toteutusta ajatellen ei kaikkia toimintatapoja voi täysin yleistää. Käyttäjäkunnan erityispiirteiden vuoksi kaikkia tässä hankkeessa tarpeellisia ratkaisuja ei ole tarpeen tehdä tavallisissa kouluhankkeissa. Samanlaisiin erityiskohteisiin tässä kohteessa toteutetut ratkaisut ovat varmasti hyödyksi.

Kohteen vertailun toteutumiseen en ole täysin tyytyväinen, tuntuu että se jäi liian suppeaksi. Vertailun laajempi käsitteleminen olisi vaatinut, että työmaa olisi kirjannut tarkemmin ylös käyttämänsä toimintatavat ja niiden vaikutukset prosessiin. Tämä toimintatapojen tarkka kirjanpito ei luultavasti olisi tuntunut työmaahenkilöstöstä mielekkäältä. Tilanteen ollessa työmaahenkilöstölle uusi ei tietomallin päivittäistä ja laajaa käyttöä olisi ehkä kannattanutkaan vaatia, sillä tässä projektissa vasta tutustuttiin tietomallintamisen sääntöihin ja mahdollisuuksiin. Seuraavassa projektissa tietomalli on jo tuttu asia ja varmasti laajemmin käytössä. Silloin

työmaahenkilöstön on jo helpompi hyödyntää mallia, kun he ovat jo kertaalleen käyneet läpi, mitä mahdollisuuksia tietomalli tarjoaa.

6 YHTEENVETO

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia, millä tavalla rakennusliike voi hyötyä tietomallinnuksesta. Työssä käsiteltiin rakennusliikkeen näkökulmasta katsottuna, mitä tietomallintaminen parhaimmillaan on ja mitä se vaatii ollakseen toimiva työkalu jokapäiväisessä työssä.

Tutkimuksessa selvisi, että tietomallilla on paljon annettavaa rakennusliikkeille. Tietomallin käyttö nopeuttaa esimerkiksi määrälaskentaa ja vaikeiden kohtien ratkaisemista sekä helpottaa aikataulun seuranta. Tietomallin käyttö vaatii aloittelevalta käyttäjältä etenkin alussa kärsivällisyyttä, sillä ohjelman käyttöä ei opi yhdessä yössä. Ennen tietomallin käyttöönottoa tulee henkilökunnan koulutukseen panostaa, jotta työntekijät oppisivat käyttämään ohjelmaa mahdollisimman hyvin. Ohjelmakoulutuksen lisäksi on tärkeää selvittää työntekijöille kaikki potentiaaliset hyödyt, joita tietomallin avulla voidaan saavuttaa, jotta he saavat vastauksen kysymykseen ”miksi tietomallintamista käytetään?”. Kun ohjelman käyttö on opittu, kannattaa tietomallia käyttää toteutusvaiheessa säännöllisesti. Tietomallin mahdollisuudet tulevat parhaiten esille, kun malli on päivittäisessä käytössä aina hankkeen alusta loppuun saakka.

Mallintamisesta hyödyttiin hankkeen aikana etenkin kohdetta suunniteltaessa. Havainnolliset 3D-kuvat kohteen tiloista auttoivat käyttäjää kertomaan mielipiteensä tilojen toimivuudesta. Suunnittelijat antoivat arvoa sille, että asiakirjojen hallinta oli helpompaa kun kaikkien ns. peruskuvien tieto oli keskitetysti yhdessä mallissa. Rakennuksen tarkastelu 3D-maailmassa helpotti monien hankalien paikkojen ratkaisemista, myös arkkitehtonisessa mielessä.

Työmaalla suurimpana hyötynä olivat LVI-putkien törmäystarkastelut, joiden avulla nähtiin miten ja missä putkien pitäisi kulkea, jotta ne eivät risteäisi tai lävistyisi keskenään. Lisä- ja muutostöitä oli vähemmän kuin ilman mallinnusta tehdyssä vastaavassa kohteessa.

Ongelmana nähtiin tietomallinnusohjelmistojen käyttövaikeus sekä tiedostojen suureksi kasvava koko. Tietomallintamisen ollessa suunnittelijoillekin uusi asia oli suunnittelijoiden tekemiä korkovirheitä jouduttu ratkomaan työmaalla. Mallin-

nusohjelmaa varten työmaalle täytyi hankkia tehokkaammat tietokoneet sekä riittävän nopea Internet-yhteys. Projektin loppuvaiheessa tiedoston koko oli kuitenkin niin suuri, ettei sitä saatu enää avattua. Tuotannon ohjauksessa tietomallia ei hyödynnetty ollenkaan. Tämä johtui siitä, ettei työnjohtajilla ollut riittävää kokemusta mallinnusohjelman käytöstä.

Tietomallintaminen on pieni osa nykypäivän rakentamista, mutta tulevaisuudessa se tulee varmasti olemaan jo sujuvasti kaikkien käytössä. Mallintaminen kannattaa ottaa rohkeasti mukaan projekteihin, jotta sen käyttö tulee tutuksi ja se voitaisiin omaksua osaksi suunnittelu- ja rakentamisprosessia. Suurimman hyödyn tietomallista saa silloin, kun kaikki suunnittelu- ja rakentamisprosessia. Suurimman hyödyn tietomallista saa silloin, kun kaikki suunnittelu- ja rakentamisprosessia. Suurimman hyödyn tietomallista saa silloin, kun kaikki suunnittelu- ja rakentamisprosessia. Suurimman hyödyn tietomallista saa silloin, kun kaikki suunnittelu- ja rakentamisprosessia. Suurimman hyödyn tietomallista saa silloin, kun kaikki suunnittelu- ja rakentamisprosessia.

Tietomallintamisen yleistyminen ja työn mielekkyys on asenteista ja motivaatiosta kiinni. Vastentahtoisesti tekeminen ei yleensä tuota parasta lopputulosta. Perustaitojen karttuessa mallinnusohjelmien käyttäminen helpottuu ja saavutettujen hyötyjen määrä kasvaa. Tietomallintamisen mahdollisuudet ja siitä saatavat hyödyt tulee ensin sisäistää ajatuksena. Sen jälkeen niitä voidaan lähteä tavoittelemaan käyttämällä tietomallia.

LÄHDELUETTELO

- /1/ Freese Simo, Penttilä Hannu, Rajala Marko. Arvorakennusten korjaushankkeet ja tuotemallintaminen, Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL:http://arkit.tkk.fi/senaatti/images/Arvorakennusten_korjaushankkeet_ja_tuotemallintaminen.pdf >
- /2/ GSA BIM Guide Series 01 [verkkodokumentti, viitattu 5.1.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL:www.gsa.gov/graphics/psb/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf>
- /3/Hirsjärvi, Sirkka – Hurme Helena 2001. Tutkimushaastattelu. Helsinki. Helsinki University Press.
- /4/ Koppinen, Tiina – Kiviniemi, Arto – Kojima, Jun – Mäkeläinen, Tarja – Rekola, Mirkka – Hietanen, Jiri – Kulusjärvi, Heikki 2008, Putting the Client in the Back Seat – Philosophy of the BIM Guidelines [verkkodokumentti, viitattu: 16.3.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9847.pdf> >
- /5/ Linja arkkitehdit Oy [verkkodokumentti, viitattu 10.3.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com): >URL:<http://www.atl.fi/index.php?id=119&tsto=232>>
- /6/ Maisema-arkkitehtuuri Vänskä, Tietokoneavusteinen suunnittelu[verkkodokumentti, viitattu 7.1.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL:<http://www.maisema-arkkitehtuuri.com/sorvali/tietomallinnus/tietokoneavusteinen.html>>
- /7/ Maisema-arkkitehtuuri Vänskä, Tietomalli Viipurin Sorvalin hautausmaasta [verkkodokumentti, viitattu 19.3.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL:<http://www.maisemaarkkitehtuuri.com/sorvali/tietomallinnus/haasteita.html>>
- /8/ Microsoft Oy, 3D- mallinnus moninkertaistaa suunnittelutyön tuottavuuden rakennusteollisuudessa[verkkodokumentti, viitattu 23.2.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL:<http://www.microsoft.com/finland/business/casestudies/tekla07.msp>>
- /9/ Peab Oy, Historia. [verkkodokumentti, viitattu: 12.2.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL:<http://peab.fi/default.asp?initid=144&menutree=73&toplinkname=yrittystesti&menuheading=yrittystesti&mainpage=templates/ps02.asp?sida=51>>
- /10/ Pro IT Karstila, Kari. Tuotemallipohjaisen toimintaprosessin mallintaminen [verkkodokumentti, viitattu: 5.3.2010] Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com):
<URL: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/seminaari040119/proit_040119_karstila.pdf >

/11/ Pro IT, Kokemuksia tuotemallin ja 4D:n hyödyntämisestä pilottihankkeissa [verkkodokumentti, viitattu 5.3.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_pilottiraportti.pdf>

/12/ PRO IT, Rakennusten tuotemallintamisen sanasto, Laatinut (ed.) Kari Karstila [verkkodokumentti, viitattu 22.12.2009] Saatavilla www-muodossa: <URL:http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_sanasto_v10.pdf>

/13/ Pro IT, OP1.1: Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta [verkkodokumentti, viitattu 16.3.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_ifc_spesifikaatiot_selvitys.pdf>

/14/ Pro IT, Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa [verkkodokumentti, viitattu 8.3.2010] Saatavilla www muodossa: <URL:http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_rakennesuunnitteluohje_syyskuu2004.pdf>

/15/ PRO IT: Tuotemallintaminen rakennushankkeessa yleiset periaatteet, Helsinki: Rakennustieto Oy 2006. Tammer-Paino Oy

/16/ Pro IT: Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS, Tampere 2008, Tammer- Paino Oy

/17/ PRO IT: Tuotemallitieto rakennusprosessissa, PRO IT NEWS Lokakuu 2003 [verkkodokumentti, viitattu 22.12.2009] Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>>

/18/ PRO IT: Tuotemallitieto rakennusprosessissa, esite [verkkodokumentti, viitattu 7.1.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit_esite_no1.pdf >

/19/ PRO IT, Tuotemallitieto rakennusprosessissa, PRO IT NEWS maaliskuu 2004 [verkkodokumentti, viitattu 22.12.2009] Saatavilla www-muodossa: <URL:http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit_news_maaliskuu2004.pdf>

/20/ PRO IT, Tuotemallitieto rakennusprosessissa, PRO IT NEWS syyskuu 2004 [verkkodokumentti, viitattu 22.12.2009] Saatavilla www-muodossa: <URL: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit_news_syyskuu2004.pdf>

/21/ Projektiiutiset, Artikkelit 6/2009 [verkkodokumentti, viitattu: 22.2.2010] Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.projektiiutiset.fi/fi/artikkelit/tervav%C3%A4yl%C3%A4n-koulu>>

/22/ Rakennusteollisuus RT ry Rakennustietosäätiö RTS, Tampere 2008. PRO IT TATE Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa

- /23/ Ratu: Rakennushankkeen ohjaus
- /24/ Senaattikiinteistöt, Allplan/Allplot FT V17 Nemetschek, Digitaalisten loppudokumenttien muotovaatimukset [verkkodokumentti, viitattu 10.3.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL:http://www.senaatti.fi/tiedostot/Ddm2_Allplan_17_tulostusversio.pdf>
- /25/ Senaattikiinteistöt: Tietomallivaatimukset 2007 osa 7:Määrälaskenta [verkkodokumentti, viitattu: 12.3.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL:http://www.senaatti.fi/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa7_Maarialaskenta.pdf>
- /26/ Solibri, suomenkielinen materiaali [verkkodokumentti, viitattu 22.2.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL:http://www.solibri.fi/documents/suomenkielinen-materiaali/ArchiCADSolibriModelChecker_Review>
- /27/ Sulankivi, Kristiina – Mäkelä, Tarja – Kiviniemi, Markku Tietomalli ja työmaan turvallisuus [verkkodokumentti, viitattu 30.3.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL:http://www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim_loppuraportti_090312.pdf>
- /28/ Sulankivi, Kristiina - Nykänen, Veijo - Koskela, Lauri - Teriö, Olli 2002. PRO IT Tuotemallitieto rakennusprosessissa, VTT:n väliraportti no.1, Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi [verkkodokumentti, viitattu 7.1.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL:http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_prosessi_esiselvitys.pdf>
- /29/ Tekla Oy, Tekla oli BIM ennen kuin käsite keksittiin, kuva. [verkkodokumentti, viitattu 3.4.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL: <http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/Pages/bim.aspx>>
- /30/ Tekla Oy, Rakennettavuutta tietomallinnuksella, kuva. [verkkodokumentti, viitattu 3.4.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL: <http://www.tekla.com/fi/solutions/building-construction/Pages/Default.aspx>>
- /31/ Tietoa Finland Oy, Tietomallintaminen korjausrakentamisessa, Hyötyjä, haasteita ja kehitysehdotuksia, haastattelututkimus 06-09/2009 [verkkodokumentti, viitattu 26.3.2010] Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa.com) <URL:http://www.tietoafinland.fi/doc/Tietomallintaminen_korjausrakentamisessa.pdf>
- /32/Tuhola Esa, Viitanen Kristiina, Tammertekniikka 2008: 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä

SUUNNITTELIJOILLE ESITETYT KYSYMYKSET

Yleisesti

1. Kuinka kauan olet työskennellyt tuotemallintamisen parissa?
2. Mitkä ovat mielestäsi mallintamisen suurimmat haasteet suunnittelijalle?
3. Miten suunnittelijana mielestäsi hyödyt mallintamisesta?
4. Kuinka toimivia mallinnusohjelmat nykyään ovat?
5. Millaiseksi olet kokenut tiedonsiirron eri suunnittelijoiden välillä?
6. Millaisia haasteita näet tuotemallintamisessa?
7. Kuinka toimivaksi koet määrien tuottamisen suoraan mallista?
luotettavuus?

Tervaväylän koulu

1. Kuinka kauan kohteen mallintaminen kesti ja oliko kestossa eroa ns. tavalliseen suunnitteluun?
2. Kuinka monen eri suunnittelijan kanssa teit yhteistyötä kohdetta mallinnettaessa?
3. Tuliko suunnitelmiin paljon muutoksia projektin edetessä?
4. Mikä oli mielestäsi haastavin vaihe Tervaväylän koulua mallinnettaessa?
5. Mikä oli suurin mallinnuksen myötä saavutettu hyöty?
6. Miten tiedonsiirto onnistui teidän ja tilaajan välillä?

RAKENNUTTAJALLE ESITETYT KYSYMYKSET

1. Tervaväylän koulu oli ensimmäinen kokonaan mallinnettu Senaatti-kiinteistöjen kohde Oulussa, oliko mallintaminen teille entuudestaan tuttu asia? Oletteko olleet aiemmin mukana projekteissa, joissa kohde on mallinnettu?
2. Miksi kohde päätettiin mallintaa?
3. Mitkä olivat mielestäsi suurimmat haasteet kohteen mallintamisessa?
4. Kuinka paljon Senaatti-kiinteistöt oli mukana kohteen mallintamisessa? (vai annettiinko arkkitehdeille vapaat kädet?)
5. Kuinka paljon käyttäjäedustajat olivat mukana koulun suunnittelussa? auttoiko mallintaminen heitä jollakin tavalla?
6. Minkä verran suunnitelmiin tuli muutoksia projektin edetessä? entä muutostöitä rakennusaikana?
7. Mitkä olivat suurimmat hyödyt, joita koitte saavuttavanne mallintamisen myötä?
8. Miten tiedonsiirto tapahtui teidän ja suunnittelijoiden välillä? käytettiinkö IFC:tä?
9. Jos kohdetta ei olisi mallinnettu, minkä uskotte menneen toisin ja miksi?
10. Aiheuttiko mallintaminen lisäkustannuksia ns. tavalliseen suunnitteluun verrattuna? Mistä nämä lisäkustannukset tulivat ja osaatko arvioida niiden suuruusluokkaa?
11. Millaisia haasteita näet tuotemallintamisessa yleisesti?

URAKOITSIJAN EDUSTAJILLE ESITETYT KYSYMYKSET

Kysymykset osa 1

1. Kuinka monessa kohteessa olet käyttänyt tuotemallintamista?
2. Oliko ohjelman käyttäminen mielestäsi helppoa?
3. Käytettiinkö tuotemallia työmaalla projektin alusta asti?
4. Mitä tietoja mallista otettiin ulos?
5. Hyödynnettiinkö mallia aikataulun teossa?
6. Oliko tuotemallista hyötyä vaikeissa työvaiheissa? esim.?
7. Käytettiinkö tuotemallia päivittäin/säännöllisesti?
8. Ketkä kaikkia tuotemallia käyttivät?
9. Auttoiko malli aikataulun suunnittelussa?/ pysymään aikataulussa?
10. Jos kohdetta ei olisi mallinnettu, minkä asian uskot tuottaneen ongelmia? miksi?

Kysymykset osa 2

1. Kuinka monessa kohteessa olet käyttänyt tuotemallinnusohjelmaa?
2. Tunnetko saaneesi riittävän perehdytyksen mallinnusohjelman käyttämiseen?
3. Oliko ohjelman käyttäminen mielestäsi helppoa? Jos ei, niin miksi?
4. Käytettiinkö tuotemallia työmaalla projektin alusta asti?
5. Käytettiinkö tuotemallia työmaalla päivittäin/säännöllisesti?
6. Ketkä kaikki tuotemallia käyttivät?
7. Voiko tuotemallintamista mielestäsi liittää työturvallisuuteen ja työhön perehdyttämiseen?
8. Otettiinkö mallista tietoja ulos?(esim. piirustukset, materiaalilistat)
9. Oliko tuotemallista apua vaikeissa työvaiheissa? Jos oli, niin millaisissa?
10. Auttoiko malli pysymään aikataulussa/ suunnittelemaan aikataulua?
11. Mitä ongelmia näet tuotemallintamisessa ja tuotemallinnusohjelmien käyttämisessä?
12. Miten mallinnusohjelma ja sen käyttö on yleisesti otettu työmaalla vastaan?

LIITE 3

13. Jos kohdetta ei olisi mallinnettu, minkä asian uskot tuottaneen ongelmia?

Miksi?

14. Ovatko tuotemallinnusohjelmat mielestäsi tarpeellinen lisä

työmaaohjauksen jokapäiväisiin

työkaluihin?